Prof. ANDREA LALANDE

EX-ALLIEVO DELLA SCUOLA NORMALE SUPERIORE - DOTTORE IN FILOSOFIA

LETTURE

SULLA

FILOSOFIA DELLE SCIENZE

TRADOTTE

dal **Prof. CARLO FUMAGALLI**

Il principio della scienza non è costruito
dalla scienza, ma fornito dalla ragione.
ARISTOTELE.

MILANO
ALBRIGHI, SEGATI & C. EDITORI
1901.

100
LAL.

PROPRIETÀ LETTERARIA

Mortara-Vigevano; Stab. Tip. A. Cortellezzi.

PREFAZIONE DEL TRADUTTORE

Giusta i vigenti programmi dell'insegnamento secondario francese, che raccomandano di illustrare le lezioni scientifiche degli ultimi corsi con frequenti citazioni degli scrittori e con esempi attinti alla storia delle scienze, la Casa editrice Hachette et C. di Parigi ha pubblicato una serie di Letture *sulle scienze naturali e storiche, rispondenti alle raccomandazioni dei suddetti programmi. A questi volumi ha fatto poi seguire il presente del Prof. Andrea Lalande, che, dopo d'aver parlato nei due primi capitoli delle scienze in generale e della loro classificazione, espone nei capitoli successivi il metodo e i rapporti di ciascuna di esse, chiudendo con l'esame delle ipotesi generali e dell'ufficio che la ragione sostiene nella costruzione delle scienze.*

Ho giudicato che il lavoro del Prof. Lalande, veramente notevole per giustezza di idee e per chiarezza di esposizione, meritasse di esser fatto conoscere al pubblico italiano, e che specialmente

potesse riuscire utile ai giovani che stanno per uscire dai Licei o dagli Istituti tecnici. L'istruzione scientifica generale, che s'imparte nelle scuole secondarie, ha basi troppo ristrette perchè gli alunni possano acquistare cognizione dei rapporti e dei principii comuni, che uniscono le varie scienze, e apprezzare al suo giusto valore il cammino da esse percorso. I giovani che lasciano la scuola secondaria per l'Università non veggono, o assai poco, il nesso che congiunge tra loro i vari rami dello scibile; e, portati, come sono, ad esagerare e a generalizzare, considerano le ipotesi come altrettante leggi perfettamente dimostrate; nè l'Università può rimediare a questo inconveniente, perchè ivi gli studi incominciano subito a specializzarsi. Lo attenuerà invece l'attenta lettura del presente libro, che oltre a ciò aprirà ai giovani una più larga cerchia di idee, se gli insegnanti vorranno, come confido, consigliarla ai proprii allievi. E a tal fine ho posto particolare cura perchè la versione avesse una veste più prettamente italiana che fosse possibile.

L'opera del Lalande fu tradotta anche in Russo per cura della Redazione di una Rivista filosofica di Pietroburgo intitolata L'Idea, *che vi aggiunse parecchie note (massime alla parte matematica), di cui mi parve bene arricchire la presente versione, ed alle quali ne ho aggiunte poche di mie.*

Le prime sono contrassegnate coll' indicazione (N. R.), *le seconde con* (N. d. T.).

Anche il Chiar.mo Autore si compiacque aggiunger pregio alla mia piccola fatica comunicandomi una nota di miglioramenti e di aggiunte, che tutte inserii al loro luogo, salvo due, che il lettore troverà alle pagine 337 e 338.

Gennaio del 1901.

I numeri tra parentesi quadre [ ] rimandano ai paragrafi.

LETTURE

SULLA

FILOSOFIA DELLE SCIENZE

CAPITOLO I.

LE SCIENZE.

Disordine primitivo delle sensazioni. — Come le sensazioni acquistino ordine. — Le scienze e la cognizione volgare. — Scopo della scienza. — Suoi mezzi: l'astrazione e la generalizzazione. — Importanza dei segni, e specialmente della favella. — La scienza e l'autorità. — Il progresso delle scienze.

1. Ad un essere intelligente, vale a dire capace di percepire e di pensare, che, per ipotesi, fosse improvvisamente collocato nelle condizioni, in cui noi viviamo, le sensazioni si presenterebbero a tutta prima nel massimo disordine. Lungi dal fornirgli quell'idea di un mondo esteriore, che noi abbiamo acquistata mercè il tempo e l'esperienza, esse non gli sembrerebbero che successive modificazioni del proprio essere: egli non saprebbe discernervi súbito alcun ordine, alcuna forma, alcuna regolarità. Così il bambino, allorchè incomincia ad eseguire dei movimenti, stende istintivamente le mani verso tutto ciò che egli vede, e crede di poter afferrare le nubi come afferra i suoi giocattoli. Medesimamente un cieco nato, che ricuperi la vista, non può in sulle

prime distinguere gli oggetti più semplici; il mondo esteriore produce in lui un'impressiene indistinta, che egli è incapace di analizzare. Nel suo trattato *Dell'uomo,* il Buffon ci ha lasciato la descrizione ideale d'un'intelligenza ancor vergine che prova per la prima volta ogni sorta di sensazioni. Il racconto che egli mette in bocca al primo uomo, se non può passare per una verità storica, si eleva certamente al di sopra di un mero esercizio di rettorica; esso ci fa toccar con mano certi fatti psicologici che a cagione della grande abitudine passano per noi quasi inosservati; e additandoci con grande chiarezza il punto donde ha origine la scienza, ci aiuta a comprendere quanto lunga sia la strada che abbiamo percorso mercè il continuo lavorìo della ragione.

« Mi ricordo di quel momento pieno di gioia e di confusione, in cui ebbi per la prima volta sentore della mia strana esistenza: io non sapevo che cosa io mi fossi, dove fossi, nè donde venissi. Aprii gli occhi. Che moltitudine di sensazioni! la luce, la vôlta celeste, il verde che rivestiva la terra, lo specchio delle acque, tutto m'interessava, mi dava animo, e m'inspirava un sentimento indicibile di piacere. In sulle prime credetti che tutti quegli oggetti fossero dentro di me e facessero parte di me stesso.

« Mi andavo confermando in questo pensiero, allorchè volsi gli occhi verso l'astro della luce; il suo splendore mi offese; chiusi involontariamente le palpebre, e provai un leggiero dolore. In quell'istante d'oscurità, io credetti d'aver perduto quasi tutto me stesso.

« Addolorato e preso da meraviglia, io stavo pensando a questo grande cambiamento, quando ad un tratto giunsero al mio orecchio dei suoni: il canto degli uccelli, il mormorare del vento formavano un'armonia, la cui soave impressione mi commoveva profondamente; ascoltai lunga pezza, e ben presto mi convinsi che siffatta armonia era identica con me.

« Attento, e tutto assorto in questo nuovo genere d'esistenza io avevo già dimenticata la luce, vale a dire quell'altra parte del mio essere che io avevo conosciuta per la prima, quando riaprii gli occhi. Qual non fu la mia gioia nel ricuperare il possesso di tanti splendidi oggetti! Il piacere che ne provai superò quello che m'avevano procurato le prime sensazioni della vista, e fece tacere per un certo tempo la gradevole impressione dei suoni.

« Fissai lo sguardo su mille diversi oggetti; ben presto mi avvidi che io potevo perderli e ricuperarli a mio piacere e che io possedevo la facoltà di sopprimere e di riprodurre a volontà questa bellissima parte del mio essere; e quantunque essa mi sembrasse di smisurata grandezza, vuoi per le infinite gradazioni della luce, vuoi per la varietà dei colori, pure io mi persuasi che tutte queste cose fossero contenute in una parte del mio essere.

« Io incominciavo a vedere senza commozione e a udire senza turbamento, quando un leggiero venticello, di cui sentii la freschezza, mi apportò dei profumi che tutto mi esilararono e mi comunicarono un sentimento d'amore per me medesimo.

« Agitato da tutte queste sensazioni, spinto dalle soddisfazioni d'una così grande e bella esistenza, io mi levai d'un tratto e mi sentii trasportato da una forza ignota.

« Non avevo fatto che un passo, e la novità della mia situazione mi rese immobile. Stupito al massimo grado, io credetti che la mia esistenza si dileguasse: il movimento da me eseguito aveva confuso gli oggetti, ed io mi persuadevo che tutto fosse in disordine.

« Mi posi la mano sul capo, mi toccai la fronte e gli occhi e quindi tutta la persona; parvemi allora che la mia mano fosse l'organo principale della mia esistenza; le sensazioni procuratemi dal tatto erano così distinte e complete, il piacere ch'io ne provavo sembravami così perfetto al paragone di quello che m'avevano cagionato la luce e i suoni, che io mi dedicai esclusivamente a questa parte solida del mio essere, accorgendomi che le mie idee ne divenivano più profonde e più positive.

« Tutto ciò che io toccavo sulla mia persona sembrava rispondere con una sensazione ad ogni pressione della mia mano, e ogni contatto generava nell'anima mia una duplice idea.

« Non passò molto tempo senza che io m'accorgessi che questa facoltà era sparsa in tutte le parti dell'esser mio; ben presto io imparai a conoscere i limiti della mia esistenza, che da principio erami sembrata d'immensa estensione.

« Rivolsi lo sguardo al mio corpo, e lo giudicai di enorme volume, e così grande, che tutti gli oggetti da me prima veduti mi parvero, al suo confronto, altrettanti punti luminosi.

« Esaminai a lungo la mia persona provando piacere nel guardarmi; seguivo la mia mano coll'occhio e osservavo i suoi movimenti. Tutto questo mi risvegliò le idee più strane: credevo che il movimento della mano altro non fosse che una specie di esistenza passeggiera, una successione di cose simili; l'avvicinai agli occhi, e allora mi sembrò più grande di tutto il mio corpo, impedendomi essa di vedere un numero stragrande di oggetti.

« Incominciai a sospettare che nelle sensazioni che io provavo per mezzo degli occhi ci fosse dell'illusione: avevo veduto ben chiaramente che la mano non era che una piccola parte del corpo, e ora non potevo comprendere come mai si fosse ingrandita a tal segno da sembrarmi di smisurata estensione; risolvetti pertanto di non fidarmi se non del tatto, che ancora non m'aveva ingannato, e di stare in guardia sopra tutte le altre maniere di sentire e di essere.

« Siffatta precauzione mi riuscì utile: rimessomi in movimento, camminavo con la testa alta e levata verso il cielo, quando urtai leggermente contro una palma. Preso da paura, misi la mano su quel corpo estraneo (e io lo giudicavo tale perchè nessun'altra sensazione aveva corrisposto a questo contatto); me ne allontanai con un senso d'orrore, e compresi per la prima volta che qualche cosa esisteva fuori di me.

« Più turbato da questa nuova scoperta che da tutte le precedenti, durai fatica a tranquillizzarmi; e, dopo d'aver meditato su quanto m'era accaduto, ne conclusi che io dovevo giudicare degli oggetti esteriori a quel modo che avevo giudicato delle

parti del mio corpo, e che solo mediante il tatto io potevo farmi certo della loro esistenza.

« Tentai dunque di toccare tutto quello che io vedevo; volevo toccare il sole e stendevo le braccia per pigliare l'orizzonte, ma non trovavo che il vuoto dell'aria.

« Ad ogni novella prova, io cadevo di sorpresa in sorpresa, poichè tutti gli oggetti mi sembravano ugualmente vicini, e soltanto dopo innumerevoli tentativi io imparai a valermi degli occhi per guidare la mano, e siccome questa mi forniva delle idee al tutto diverse sulle impressioni che io ricevevo mediante il senso della vista, i miei giudizii, fuorviati da questo disaccordo tra le sensazioni, risultavano assai imperfetti; e il complesso del mio essere non era ancora per me che una confusa esistenza. » (1)

2. Tuttavia l'anima non rimane a lungo in questo stato di confusione. Le sensazioni che in sulle prime la sopraffacevano col loro numero e varietà, vanno a poco a poco ordinandosi. Come un uomo incaricato di far l'inventario d'un immenso magazzino, dove fossero accumulate merci d'ogni maniera, l'anima procede metodicamente a fine di orizzontarsi in mezzo a quell'ingombro. Pigliando per punto di partenza una sensazione qualunque, essa si accorge anzitutto che ogni altra sensazione è, rispetto alla prima, anteriore, simultanea, o posteriore. Ecco già un primo elemento d'ordine. Se ciascuna cosa ci si presenta prima, durante o dopo qualche altra cosa, la confusione si fa minore, e vi apparisce un ordine, che è l'ordine della successione; la linea imaginaria, lungo la quale noi andiamo man mano disponendo le nostre impressioni, chiamasi il *tempo*.

Ma se noi non possedessimo che questa sola specie

---

(1) Buffon (1707-1788), *De l'homme*, éd. Flourens, II, 133.

d'ordine, noi ci troveremmo pur sempre in una grande incertezza. Anzitutto il tempo, così concepito, non sarebbe suscettibile di misura alcuna; esso non sarebbe nè lento nè rapido, e non si potrebbe nemmeno dirlo uniforme o variabile. D'altra parte, le sensazioni, che vi si presentano insieme, non avrebbero l'una con l'altra rapporto alcuno: l'uomo di Buffon vede il cielo e gli alberi, ode il canto d'un uccello, tocca la propria mano, e tutto questo accade simultaneamente. Per mettere un ordine in tutte queste sensazioni che ad un tempo invadono l'anima, è necessario un nuovo sforzo. E l'uomo vi riesce col sussidio d'una nuova idea: l'idea dello *spazio*. Grazie a questa, egli può coordinare le cose coesistenti e stabilire fra di loro dei rapporti localizzandole in diversi punti. Così il color bruno della terra è al basso, l'azzurro del cielo in alto, il verde degli alberi gli sta di fronte, il canto degli uccelli sul capo, e di dietro la resistenza della roccia, a cui si è appoggiato. Tutte queste localizzazioni non si fanno però ad un tratto, ma risultano da ripetuti sforzi e tentativi. Lo studio particolare delle operazioni, mediante le quali noi costruiamo « l'atlante delle nostre sensazioni » come lo chiama il Taine, è còmpito della psicologia; dal nostro speciale punto di vista della filosofia delle scienze, ci basta per ora mettere in sodo che, a capo di un certo tempo, l'incoerenza assoluta delle sensazioni provate dal bambino o dall'uomo primitivo, è stata sostituita da un ordine relativo, secondo il quale esse vengono da lui percepite come se fossero distribuite nel tempo e nello spazio, come se ciascuna vi occupasse un posto suo proprio, dove noi la ritroviamo ogni qualvolta vi dirigiamo lo sguardo o vi portiamo la mano.

Un'altra idea ci è di molto aiuto per viemeglio

ordinare nello spazio le nostre sensazioni, poichè queste non rimangono l'una dall'altra isolate, ma tendono a raggrupparsi. Nello stesso punto dello spazio noi mettiamo contemporaneamente un colore, un odore, un volume, e questo gruppo costituisce ciò che noi chiamiamo un oggetto. Questi diversi elementi sono tra di loro uniti, e non è possibile isolarli. Io non potrei, a cagion d'esempio, togliere dal suo posto la forma d'una lampada senza portar via nel tempo stesso il suo colore e la luce ed il calore che da essa emana. Io non potrei levar via la resistenza d'un muro se non distruggendo il muro stesso, vale a dire sopprimendo eziandio tutte le altre sue qualità dello spessore, del peso, del colore, da cui esso è costituito. Le nostre sensazioni non sono dunque solamente distribuite nello spazio, ma ben anco raggruppate in *sostanze* distinte le une dalle altre, e dotate ciascuna di qualità sue proprie, come: legno, ferro, marmo, terra, carbone, e via dicendo. Ora quest'altro modo di considerare le nostre sensazioni contribuisce ulteriormente a portare ordine nelle nostre cognizioni e chiarezza nelle nostre idee.

3. Se tutti gli oggetti, o sia tutti i gruppi di sensazioni, fossero invariabili e invariabilmente situati gli uni rispetto agli altri, basterebbe farne il catalogo e la descrizione perchè la scienza avesse detto l'ultima sua parola. Noi andremmo dall'uno all'altro oggetto, li percepiremmo l'uno dopo l'altro, e il nostro pensiero, sola cosa mutabile in mezzo ad un universo immobile, avrebbe raggiunto compiutamente lo scopo che da principio si proponeva, cioè ordinare le sensazioni, rendersene conto, classificarle e prevederle. — Ma, fortunatamente o sfortunatamente che ciò sia, le cose

non istanno così, poichè l'universo si cambia ancora più rapidamente di quel che ci cambiamo noi stessi. Alcuni gruppi di sensazioni si alterano, altri si dissolvono. L'acqua si congela, ritorna liquida, evapora, vaga per l'atmosfera sotto forma di nubi, si condensa, e ricade in pioggia; le piante crescono, producono fiori e frutti, poi si disseccano; gli animali nascono, si cibano, si riproducono, e muoiono. Tutto sembra essere in uno stato di transitorietà e d'instabilità perpetua; dimodochè, per comprendere le cose e mantenere un ordine nelle sensazioni, sì da non ricadere in quella confusione da cui siamo usciti a gran fatica, bisogna che la mente nostra faccia un ultimo sforzo. Il localizzare le sensazioni non è che un espediente provvisorio, poichè tutto muta continuamente di luogo. Il solo mezzo onde procedere sicuri si è di scoprire un ordine che governi anche questo perpetuo mutarsi delle cose. Un'idea fondamentale, naturalmente insita nell'anima umana, come le altre di cui abbiamo fatto parola, ci aiuta a superare quest'ultima difficoltà. È questa l'idea delle *leggi* naturali, idea che si presenta sotto svariatissime forme (le quali tutte si riconducono però ad un solo principio), e che si potrebbe enunciare dicendo col Leibniz: « Nulla accade di cui non si possa dare la ragione determinante, cioè spiegare *a priori* perchè le cose sieno in un modo piuttosto che in qualunque altro. » E si potrebbe anche dire colla filosofia classica: « Ogni fenomeno ha una causa e un effetto », oppure con certi filosofi moderni: « Ogni mutamento, che noi possiamo percepire, è intelligibile. » In qualunque modo si voglia enunziare questo assioma, esso afferma sempre che le modificazioni della natura obbediscono a principii che noi possiamo comprendere, e

che basterà ragionar bene per giungere a scoprirli: « Sapere veramente, dice Bacone, si è conoscere le cause: *vere scire per causas scire.* » E ciò è pienamente conforme a verità, se alla parola causa si attribuisce il senso più generale (150); se, vale a dire, la si prende come sinonimo di legge naturale: poichè in questo caso sarà soddisfatta la nostra tendenza alla regolarità e alla certezza; nulla vi sarà più per noi di imprevisto e di impenetrabile; la nostra intelligenza, avendo in mano la chiave dei fenomeni, li capirà, e saprà d'onde procedano e a che cosa tendano. Alla primitiva confusione sottentrerà un ordine definitivo, e il pensiero sarà sempre sicuro di potersi orizzontare in mezzo all'infinita varietà delle apparenze.

4. Questo processo dell'intelligenza che trasforma la confusa moltitudine delle sensazioni primitive in un sistema di cognizioni bene ordinate e collegate, costituisce la *scienza*. La scienza è dunque il passaggio dal multiplo all'uno, dall'incoerente all'intelligibile. Il bambino che s'accorge che la sua mano non può afferrare le nubi, e l'astronomo che calcola i dati di un nuovo pianeta, percorrono un tratto della medesima via: tanto l'uno che l'altro non fanno che ordinare le proprie cognizioni.

« Era naturale che l'uomo supplisse alla debolezza delle sue membra coi mezzi che la natura aveva posti a sua disposizione, e l'uomo è stato meccanico prima che tentasse di esserlo. Così egli è stato logico, cioè ha pensato, prima di ricercare in qual modo si debba pensare. Anzi, trascorsero secoli e secoli prima che gli uomini sospettassero che anche il pensiero è governato da certe leggi, e ancora adesso la più gran parte della gente pensa senza punto avvedersi di queste leggi.....

« Ora, a quel modo che l'arte di far muovere delle grandi masse ha le sue leggi nelle facoltà del nostro corpo e nelle leve, di cui le nostre braccia hanno imparato a far uso (1), così l'arte di pensare ha le sue nelle facoltà dell'anima e nelle leve, di cui la nostra intelligenza ha appreso a servirsi. È dunque necessario che noi studiamo queste facoltà e queste leggi.

« È fuor di dubbio che a nessun uomo verrebbe in mente di stabilire delle definizioni, degli assiomi e dei principii quando volesse usare per la prima volta delle facoltà del corpo. Ciò non gli sarebbe possibile, ed egli è costretto ad incominciare dal servirsi delle proprie braccia, di cui la natura gli suggerisce di far uso. La natura gli insegna parimente a giovarsi di tutto ciò che egli s'accorge possa essergli di qualche aiuto, e ben presto egli si vale d'un bastone come d'una leva. La pratica accresce le sue forze; l'esperienza, che gli fa vedere perchè abbia sbagliato e in qual modo si possa meglio procedere, sviluppa poco a poco tutte le facoltà del corpo: l'uomo si istruisce.

« Così appunto noi siamo dalla natura costretti a incominciare allorquando facciamo uso per la prima volta delle nostre facoltà intellettuali. Essa sola le governa, come sola ha governato dapprima le facoltà fisiche; e se in progresso di tempo noi diveniamo capaci di governarle da noi stessi, ciò non avviene se non in quanto noi proseguiamo come la natura ci ha insegnato ad incominciare, e dei nostri progressi noi andiamo debitori alle prime lezioni che abbiamo da lei ricevute. » (2)

---

(1) Il paragone è di Bacone *(Nota del Condillac)*.

(2) Condillac, *Logica*, Introduzione. — Stefano Bonnot de Condillac (1715-1780), abate di Mureaux, aderente alla scuola enciclopedica, membro dell'Accademia di Francia. Sue opere principali sono: il *Trattato delle sensazioni*, la *Grammatica*, la *Logica*, l'*Arte di ragionare*, e un lavoro postumo, la *Lingua dei calcoli*, pubblicato nel 1798 dal Laromiguière.

Che la ragion d'essere della scienza non consiste nelle sue applicazioni.

5. « Non v'ha dubbio che quando noi prendiamo a considerare il lavoro della specie umana in tutte quante le sue svariatissime manifestazioni, siamo condotti ad ammettere che lo studio della natura costituisce la vera base razionale d'ogni azione che l'uomo può esercitare sulla natura stessa, essendo evidente che noi non possiamo modificare a nostro profitto, facendoli agire gli uni sugli altri, i fenomeni naturali, se non conoscendo le leggi, da cui sono governati, e che ci dànno il modo di prevederli. I mezzi naturali e diretti coi quali noi possiamo agire sui corpi da cui siamo circondati, sono debolissimi e affatto sproporzionati ai nostri bisogni. Ogniqualvolta noi riusciamo ad ottenere qualche considerevole risultato, ciò accade solamente perchè la cognizione delle leggi naturali fa sì che noi possiamo introdurre tra le circostanze che determinano il verificarsi dei varii fenomeni, certi elementi modificatori che, sebbene per sè stessi debolissimi, bastano in certi casi a fare in modo che gli effetti ultimi di tutte le cause esterne riescano allo scopo che noi avevamo di mira. In somma: *dalla scienza deriva la preveggenza, dalla preveggenza l'azione.* Questa è la semplicissima formola, che esprime esattamente il rapporto generale tra la scienza e l'arte (1), pigliando queste due parole nel loro senso più universale.

« Ma non ostante l'importanza di questo rapporto, importanza che non bisogna mai disconoscere, si formerebbe un'idea molto imperfetta delle scienze chi non ravvisasse in loro se non il fondamento delle arti, opinione alla quale pur troppo si ha

---

(1) Augusto Comte prende qui la parola *arte*, non precisamente, come egli dice, « nel suo senso più universale », ma piuttosto nel senso che si attribuisce a questo termine nelle espressioni: *arti meccaniche, scuola d'arti e mestieri* ecc.: tanto è vero che poco più sotto egli lo fa sinonimo di *industria*. Gli è appunto in questo senso che una galleria o un viadotto sono opere *d'arte;* gli è ancora in questo senso che si discute se debbasi dire la scienza o l'*arte* del fortificare, e finalmente gli è in questo senso che un operaio dicesi *artiere* o *artigiano*.

oggidì una soverchia inclinazione. Per quanto sien grandi gli smisurati servizi che le teorie scientifiche hanno reso all'industria, per quanto, secondo l'energica frase di Bacone, la potenza sia di necessità proporzionata alla cognizione, non ci è lecito dimenticare che le scienze hanno anzitutto una missione più diretta e più nobile, quale si è quella di soddisfare al bisogno fondamentale della nostra intelligenza di conoscere le leggi che governano i fenomeni. Per convincersi quanto sia profondo e imperioso questo bisogno, basta pensare un momento agli effetti fisiologici della meraviglia, e basta considerare che la sensazione più tremenda che noi possiamo provare, ha luogo allorquando ci sembra che qualche fenomeno avvenga contrariamente a quelle leggi della natura che noi conosciamo così bene.....

« Se la forza preponderante della nostra organizzazione non correggesse, sia pure involontariamente, nelle menti degli scienziati, le incomplete e anguste tendenze che in questo proposito si manifestano ai nostri giorni, l'umana intelligenza, ridotta a non occuparsi se non di quelle ricerche che fossero suscettibili d'un'immediata applicazione pratica, si troverebbe preclusa — come osservò benissimo il Condorcet — la via ad ogni progresso, e ciò anche nel campo stesso delle applicazioni alle quali si fossero sconsideratamente sacrificati i lavori puramente speculativi: poichè le applicazioni più importanti traggono sempre origine da teorie costrutte a solo scopo scientifico, che spesse volte sono state coltivate per secoli e secoli senza cavarne alcun pratico risultamento. Ne troviamo un esempio notevolissimo nelle belle speculazioni dei geometri greci sulle sezioni coniche, le quali, dopo una lunga serie di generazioni, servirono, riformando l'astronomia, a condurre l'arte del navigare alla perfezione presente, perfezione alla quale non sarebbe mai giunta senza i lavori puramente teorici di Archimede e di Apollonio, per modo che il Condorcet ha potuto dire con piena ragione in questo proposito: « Il navigante, cui la esatta determinazione della longitudine salva dal naufragio, deve la vita a una teoria concepita due mila anni or sono da uomini di genio che si occupavano solamente di speculazioni geometriche. »

« Gli è dunque evidente che l'umana intelligenza, dopo di aver riconosciuto in generale che lo studio della natura è la base razionale, appoggiati alla quale noi possiamo agire sulla natura stessa, deve procedere alle ricerche teoriche prescindendo affatto da ogni considerazione pratica, poichè i nostri mezzi per giungere a scoprire il vero sono così deboli, che, se noi non li facessimo esclusivamente convergere a questo scopo, e se, ricercando il vero, noi ci imponessimo in pari tempo la condizione di ritrovarvi un'applicazione pratica immediata, non vi potremmo quasi mai pervenire. » (1)

L'astrazione e la generalizzazione.

I segni.

6. « La via della scienza, dice Aristotele, parte dagli oggetti che colpiscono i nostri sensi, e termina alle leggi, che sono afferrate dalla ragione. I sensi ci fanno conoscere dei gruppi, o vogliam dire dei complessi concreti e particolari; la ragione li decompone nei loro elementi semplici, e così scorge che cosa abbiano tra loro di comune. Non vi può essere scienza del particolare, che è infinitamente vario e mutevole; la scienza è solamente del generale. »

Questa celebre conclusione si spiega facilmente. Le idee della forma d'un dato albero, del colore del sole, del carattere d'un individuo, sono altrettante idee particolari, poichè ciascuna non si applica che ad un singolo essere. Ora ciò non può formare oggetto di

---

(1) Augusto Comte, *Corso di filosofia positiva*, lezione seconda (edizione J. B. Baillière). — Augusto Comte (1798-1857) è il fondatore della scuola filosofica chiamata *positivista*. Oltre all'opera già citata, il suo lavoro principale è il *Trattato di politica positiva*. Ma le dottrine da lui svolte in quest'ultimo libro sono ben lungi dall'essere condivise da tutti i suoi seguaci.

scienza, poichè in una cosa unica nessun ordine può essere introdotto, ma basta nominarla, o al più descriverla; oltre a questo non si potrebbe andare. Per costruire la scienza è necessario stabilire dei rapporti, ed ogni rapporto esige parecchi termini; ogni legge richiede una varietà di fenomeni diversi, tra i quali la scienza possa ravvisare qualche cosa di comune.

Ciò che v'ha di comune tra cose differenti, si chiama il *generale*. L'idea di sfera è un'idea generale perchè applicabile del pari — malgrado le enormi differenze — al globo terrestre, al sole, ad una goccia d'acqua. L'idea d'uomo è un'idea generale perchè applicabile a tutti quanti gli individui umani, a qualunque razza appartengano. L'idea d'essere vivente è ancor più generale, come quella che abbraccia nella sua estensione (1) non soltanto tutti gli uomini, ma eziandio tutte le specie d'animali e di piante che noi vediamo realmente o possiamo imaginare. E ciò che abbiam detto delle idee lo possiamo dire anche dei giudizii, i quali sono particolari o generali secondo che versano intorno a idee che esse stesse sono particolari o generali. Non v'ha dubbio che i giudizii particolari sono utili alla scienza, poichè in moltissimi casi bisogna prender le mosse dalla descrizione e dall'osservazione degli individui per risalire alla cognizione delle leggi da cui sono governati; ma i giudizii particolari non costituiscono punto la scienza, la quale, al contrario, consiste nello scoprire i principii generali che riassumono un'intera classe di fatti. Così, per es., una formola algebrica serve a risolvere,

---

(1) *Estensione* d'un'idea generale è il numero degli individui, ai quali essa idea si può applicare; la sua *comprensione*, al contrario, è il complesso dei caratteri che contribuiscono a formarla.

quando alle lettere si sostituiscano i rispettivi valori, tutta una serie di problemi, che la formola esprime in modo generale. Un teorema, dimostrato che sia per un triangolo qualsivoglia, riman vero qualunque sia la lunghezza dei lati o il valore degli angoli. In chimica, la legge dei pesi e quella delle proporzioni definite si applicano alle combinazioni di tutti i corpi. Dice Aristotele: « In tutte le scienze che hanno per base l'osservazione, bisogna risalire dal particolare al generale, da ciò che è semplice per il senso a ciò che lo è per la ragione: è questo il cammino naturale della nostra mente. I primi dati della conoscenza sensibile sono un chaos; solo in appresso noi riusciamo a districare gli elementi delle cose e a stabilire i principii secondo i quali esse vanno ordinate. » (1) In questo senso anche gli scolastici dicevano: *Nulla est fluxorum scientia:* non è possibile una scienza di ciò che è transitorio. Infatti la scienza ha per iscopo di ritrovare ciò che, anche in mezzo alla mutazione, si mantiene regolare e fisso, come, per es., la velocità d'un movimento uniforme o l'accelerazione d'un movimento variabile; ed anche questa è un'altra forma del generale.

7. Ma come si formano le idee e i giudizii generali? Una tale domanda è suscettibile di risposte diverse, a seconda dei casi. Questa operazione non è la stessa in matematica e in fisiologia, in diritto e in medicina. Quando studieremo i vari gruppi delle scienze, potrem vedere in quali diversi modi si formino le proposizioni generali, e quali rapporti leghino tra di loro questi diversi gradi di generalità. Tuttavia,

(1) ARISTOTELE, *Fisica*, I, 1.

comunque tali idee e giudizii sieno stati costruiti, essi presentano un carattere a tutti comune: quello d'essere altrettante astrazioni. Chiamasi *astratta* l'idea di un elemento che l'intelligenza considera isolatamente, sebbene il detto elemento non possa nè in natura e neppure per via d'imaginazione essere separato dal complesso al quale appartiene. Così, per es., l'altezza d'una montagna è un'idea astratta, perchè io non posso figurarmela senza che in pari tempo mi ricorra alla mente una forma o un colore. Ma se la immaginazione non può isolare una tale idea, l'intelligenza, che è la facoltà di comprendere e di ragionare, può benissimo non tener conto che dell'altezza d'un monte, e prescindere da tutto il resto. Da ciò si vede che un'idea astratta non è necessariamente anche un'idea generale, e che può darsi che essa convenga ad un solo oggetto; al contrario, ogni idea generale è un'idea astratta, appunto perchè deve potersi applicare indistintamente ad un certo numero d'individui. Infatti un'idea non può essere concreta se non identificandosi totalmente con un oggetto reale, nel qual caso essa diventerebbe un'idea particolare.

Se ora egli è vero che non vi è scienza se non di ciò che è generale, evidentemente ne consegue che non vi è scienza se non di ciò che è astratto.

8. Ma tutte queste operazioni sarebbero estremamente difficili, per non dire impossibili, se l'uomo non avesse trovato il mezzo di fissare le idee generali e le astratte, di rappresentarle, di classificarle, di stabilire tra di loro dei rapporti senza esser costretto a rifare ogni volta l'operazione mentale da cui sono nate. Questo validissimo strumento del pensiero consiste nell'uso d'un sistema di *segni*. Chia-

masi segno ogni simbolo visibile e percettibile d'una cosa o lontana o nascosta o impossibile a percepirsi.

« Salendo sull'arco di trionfo della Stella, e guardando abbasso dalla parte dei Campi Elisi, si scorgono innumerevoli macchie nere o diversamente colorate che muovonsi sulla via o sui marciapiedi. I nostri occhi non distinguono nulla di più; ma noi sappiamo che ciascuno di quei punti neri o di vario colore è un corpo vivente fornito di membra che egli mette in movimento, di organi complicati e di un cervello che pensa, spinto nel suo cammino da qualche progetto o da qualche desiderio: insomma che è una persona umana. La presenza delle macchie ha indicato la presenza delle persone; la prima è stata il segno dell'altra.

« Associazioni di questa maniera se ne incontrano ad ogni momento. — Leviamo di notte gli occhi verso il cielo stellato, e pensiamo che ciascuno di quei punti luminosi è una massa enorme simile al nostro sole. — Camminiamo per la campagna sul far della sera, e vediamo delle colonne di fumo azzurrognolo che si alzano tranquillamente in lontananza: subito ci figuriamo sotto ciascuna di esse il fuoco che i contadini hanno acceso per abbruciare le erbe secche. — Apriamo un quaderno di musica, e intanto che lo sguardo segue i grossi punti disseminati sul rigo, l'orecchio ascolta dentro di noi il canto da loro indicato. — Un acuto grido di particolar timbro risuona in una stanza vicina, e noi ci imaginiamo un viso di bambino che piange perchè s'è fatto male. — In ognuno di questi casi un'esperienza attuale suggerisce l'idea d'un'altra esperienza possibile; noi facciamo realmente la prima e imaginiamo la seconda; la percezione d'un oggetto, avvenimento o carattere risveglia la concezione d'un altro oggetto, avvenimento o carattere. Toccando il primo anello della coppia, noi ci figuriamo il secondo, di cui il primo è il segno o sia il simbolo. (1) »

---

(1) H. Taine, *l'Intelligenza*, I, 1, Hachette editore.

Alcuni di questi esempi accennano a segni naturali, come il fumo, la luce delle stelle, il grido d'un bambino, altri a segni che si chiamano artificiali o convenzionali perchè gli uomini li hanno scelti arbitrariamente: tali sarebbero, a cagion d'esempio, le note musicali. Quest'ultima classe di segni è assai numerosa: le segnalazioni delle ferrovie, i punti e le linee del telegrafo Morse, la serie dei semafori, le cifre, le parole, le lettere, sono altrettanti segni artificiali. E i segni artificiali sono più degli altri utili alla scienza, essendo stati inventati appunto per rappresentare le operazioni fondamentali del pensiero, cioè l'astrazione, la generalizzazione, il giudizio e il ragionamento.

9. « Io posseggo un orto circondato da siepi: a fine d'impedire i furti che vi si commettono, voglio cingerlo d'un muro, e a tal uopo impiego quanti muratori posso trovare nel villaggio: supponiamo quattro. A capo d'un giorno veggo che questi quattro operai hanno costruito dodici metri di muro.

« Procedendo così il lavoro troppo lentamente al mio bisogno, mando a prendere nel villaggio vicino altri sei operai, e voglio sapere di quanti metri crescerà il lavoro che si compirà nei giorni successivi. Per far ciò, io non mi rappresento più gli operai come persone col grembiule e la cazzuola, nè il muro come una costruzione di pietre e cemento, ma ai primi operai sostituisco la cifra 4, al loro lavoro la cifra 12, a tutti quanti i miei operai, vecchi e nuovi, la cifra 10, e al lavoro che faranno insieme e che io non conosco, il segno x, e scrivo la proporzione:

$$4 : 12 :: 10 : x = \frac{12 \times 10}{4} = 30.$$

« Da oggi in poi, salvo casi impreveduti, se tutti i nuovi operai lavorano come lavoravano i vecchi, e se questi continuano a lavorare nella proporzione di prima, i dieci operai mi faranno ogni giorno 30 metri di muro. Nulla di più comune di

questa operazione, e in tutti i calcoli pratici si procede nello stesso modo. Agli oggetti reali si sostituiscono delle cifre che tengono in parte il loro luogo, cioè tengono il loro luogo solamente da quel punto di vista che si aveva bisogno di considerare, vale a dire dal punto di vista del numero. Fatto questo, gli oggetti reali vengono, per così dire, dimenticati, e passano in seconda linea; non si bada più che alle cifre, le quali vengono e sommate e paragonate e trasportate. Si lavora insomma sulle cifre come sopra equivalenti per noi più comodi delle cose stesse, e la cifra finale che risulta dal calcolo indica l'oggetto o il gruppo d'oggetti che si vuole ottenere.

« La sostituzione non si ferma qui, e le cifre, surrogati delle cose, sono alla loro volta sostituite dalle lettere. Dopo d'aver fatte diverse operazioni analoghe alla precedente, io posso notare che, in tutti i casi somiglianti, la proporzione ha la stessa forma; che la prima cifra indica sempre i vecchi operai, che la seconda indica sempre il loro lavoro, che la terza rappresenta sempre tutti gli operai e vecchi e nuovi presi insieme, e che la quarta (1) rappresenta sempre il nuovo lavoro giornaliero non ancora conosciuto. Questa osservazione fa sì che io passi dall'aritmetica all'algebra. Quindi innanzi io sostituisco a alla prima cifra, b alla seconda, c alla terza, e scrivo la proporzione:

$$a : b :: c : x = \frac{b \times c}{a}$$

« Da questo io vedo che in ogni caso somigliante, per sapere il lavoro totale, basta moltiplicare il numero degli operai presi tutti insieme per il lavoro che facevano gli operai vecchi, poscia dividere questo prodotto per il numero degli operai vecchi.

« In luogo di questo semplicissimo caso, consideriamo il lavoro d'un algebrista che sopra una lavagna va scrivendo una lunga serie di equazioni. Egli opera parallelamente, per così dire, alle cifre, e per conseguenza le sue operazioni risguardano indirettamente anche le cifre, come un aritmetico opera parallelamente alle cose e quindi indirettamente anche sulle

(1) Più esattamente che cifra, la x potrebbe dirsi il simbolo dell'incognita. Vedi più avanti i paragrafi 42-45 (N. del T.)

cose. Il primo prescinde dalle cifre come il secondo prescinde dalle cose. Amendue ordinano e combinano dei segni e questi segni non sono che altrettanti *surrogati*. — A dir vero, essi non sono sostituiti, come i nomi proprii, alla totalità dell'oggetto da loro rappresentato, ma solamente ad una parte o ad un aspetto dell'oggetto stesso. Le lettere algebriche non sostituiscono le cifre aritmetiche nella loro totalità perchè non designano una determinata quantità, ma rappresentano solamente la funzione della cifra nell'equazione di cui la cifra deve far parte. Le cifre aritmetiche non sostituiscono le cose tutte quante, cioè con tutte le qualità e i caratteri loro, ma solamente la loro qualità e il loro numero. Tanto le une che le altre tengono luogo soltanto di una parte, ossia d'un frammento, o d'un estratto che dir si voglia dell'oggetto: la cifra d'un estratto più complesso, la lettera d'un estratto più semplice, vale a dire d'un estratto del primo estratto. Ma la sostituzione, per quanto parziale, non è meno evidente. Due scienze complete e feconde d'infiniti risultamenti si basano su questa sostituzione, e da essa traggono tutta la loro efficacia » (1).

10. Tra tutti i sistemi di segni inventati dagli uomini, parte per riflessione, parte per istinto, a fine di rappresentare le idee astratte e generali, i più generalmente usati, i più importanti e comodi son quelli che servono al linguaggio, cioè le parole. Queste possono essere sostituite a tutti gli altri segni, come ha dimostrato il Condillac nella sua *Lingua dei calcoli;* e non vi sono altri segni che possano tener luogo delle parole in tutti quanti i casi nei quali vengono usate.

« La classe dei nomi si divide, come è noto, in due rami, quello dei nomi proprii e quello dei nomi comuni, e per distinguerli

(1) TAINE, *Dell'intelligenza*, ibid.

si dice a tutta ragione che i primi, come Cesare, Quirinale, Cromwell, non convengono che ad un solo oggetto, mentre gli altri, come albero, triangolo, colore, s'applicano ad un gruppo indeterminato di oggetti. Questi ultimi sono i più numerosi e i più usitati; una lingua ne contiene da trenta a quaranta mila, e si può dire che da loro soli costituiscono il dizionario. Sono inoltre i più importanti, poichè gli è servendosi di loro che noi facciamo le classificazioni, i giudizii, i ragionamenti, gli è insomma per loro mezzo che noi passiamo dall'esperienza rozza e incoerente alla scienza ordinata e compiuta.

Come tutti i segni, e come tutti i nomi in particolar modo, i nomi comuni sono il primo termine di una coppia, e si tiran dietro un secondo termine. Ma questo secondo termine presenta dei caratteri al tutto speciali che lo distinguono da tutti gli altri, e conferiscono al nome delle qualità sue proprie. I logici e i grammatici dicono giustamente che un nome comune, come albero o poligono, è un nome generale e astratto. — Esso è un nome generale perchè conviene a un *genere* o gruppo di oggetti simili: così il nome albero conviene a tutti gli alberi, p. es. pioppi, faggi, quercie, cipressi ecc; il nome di poligono conviene a tutti i poligoni, p. es. triangoli, quadrilateri, pentagoni, esagoni, ecc. — Il nome comune è poi astratto perchè indica solamente una parte distaccata *(abstrahere)* dell'individuo, che è comune a tutti gli individui del gruppo: così il nome albero esprime la qualità comune ad ogni specie d'alberi, come pioppi, faggi, quercie, cipressi ecc.; il nome poligono rappresenta la qualità comune a tutte le specie di poligoni, come triangoli, quadrilateri, pentagoni, esagoni ecc. — Da ciò si vede che i caratteri del nome comune sono collegati fra di loro: esso è generale perchè è astratto, esso conviene a tutta la classe perchè, non essendo il suo contenuto che una porzione dell'oggetto indicato, questa porzione può ravvisarsi in tutti gli individui della classe, i quali, benchè simili da questo punto di vista, restano tuttavia diversi sotto altri rispetti. Ecco dunque una coppia di un genere nuovo, poichè il suo secondo termine non è un oggetto di cui noi possiamo aver notizia colla per-

cezione o coll'esperienza, non è, in altre parole, un fatto intiero e determinato, ma una parte, un frammento di un fatto, distaccato forzatamente e artificialmente da quel complesso naturale a cui appartiene, e senza il quale non potrebbe esistere.

« Ma di questo frammento staccato e isolato possiamo noi aver notizia mediante l'esperienza, la percezione o la rappresentazione? Certamente no, poichè ciò sarebbe contradditorio. — Quando, dopo aver veduto sulla lavagna dei triangoli, dei quadrilateri, dei pentagoni, degli esagoni ecc. da una parte, e dei circoli e delle ellissi dall'altra, io dico che i primi sono poligoni, io non ho dentro di me la rappresentazione sensibile del poligono puro, cioè astratto, poichè il poligono astratto è una figura di più lati, ma non già di un numero determinato di lati, il che esclude ogni esperienza e ogni rappresentazione sensibile; poichè, quando diciamo figura di parecchi lati, bisogna che questi lati sieno o tre o quattro o cinque o sei ecc., o insomma un qualunque numero determinato. Dire a qualcuno di figurarsi parecchi lati, e dirgli nello stesso tempo di non figurarsene nè tre nè quattro nè alcun altro numero, gli è come ordinargli e vietargli nello stesso tempo la medesima operazione. — Similmente se, dopo d'aver veduto in campagna trenta diverse specie di alberi, cioè quercie, tigli, frassini, pioppi ecc., io pronuncio la parola albero, a questa parola non risponde nella mia mente la figura dell'albero in generale, poichè l'albero in generale ha un'altezza, un tronco, e delle foglie, ma non ha quella tale altezza nè quel tal tronco nè quelle tali foglie, ed è impossibile immaginare una grandezza ed una forma senza che questa grandezza e questa forma sieno piuttosto queste che quelle, vale a dire determinate, precise. — Per dire il vero, davanti alla parola albero, massime se uno legge adagio, sorge nella mente l'imagine vaga d'un albero, così vaga che non si può dire se sia quella d'un abete o d'un melo. Parimente, sentendo pronunziare la parola poligono, io traccio nella mia mente delle linee che si tagliano a vicenda e che tentano molto confusamente di circoscrivere uno spazio, senza distinguere peranco se la figura che si va formando sarà un quadrilatero o un pentagono. Ma queste imagini incerte non sono

nè l'albero astratto nè il poligono astratto: il loro contorno è indeciso, ma appartiene a loro e a nessun'altra; esse sono mutevoli e non chiare, mentre l'oggetto che si designa col loro nome non è nè mutevole nè oscuro, ma è invece un estratto benissimo determinato, talchè in molti casi noi possiamo darne la definizione esatta. Noi siamo in grado di precisare gli elementi che costituiscono il triangolo e di stabilire quasi con altrettanta previsione quelli che costituiscono l'animale. Il triangolo è una figura racchiusa da tre linee che si intersecano due a due, e non è già quell'imagine indistinta su fondo nerastro o biancastro, dalle punte più o meno acute, che al menomo sforzo della mente diventa ora scalena, ora isoscele, ora rettangolare. L'animale è un corpo organizzato che si ciba, si riproduce, sente e muore, e non è già quel non so che di informe e di confuso che oscilla tra la figura del vertebrato, dell'articolato o del mollusco, e non diventa chiaro e completo se non quando assume il colore, le dimensioni e la struttura d'un individuo.

« Così, tra l'imagine vaga e instabile suggerita dal nome e l'astrazione precisa e fissa indicata dal nome, vi è di mezzo un abisso. — Il lettore potrà convincersene considerando la parola miriagono e la cosa che essa designa. Un miriagono è un poligono da diecimila lati. Imaginarlo concreto e colorato, è impossibile, e a più forte ragione è impossibile figurarselo astratto e generale. Per lucida e comprensiva che sia la nostra visione mentale, dopo cinque o sei, o venti o trenta linee tracciate a gran fatica, l'imagine si confonde e si cancella; e tuttavia l'idea del miriagono non ha nulla d'incerto nè di confuso; sotto il nome di miriagono io non concepisco già una figura incompleta e che ad ogni istante si dissolve, ma un miriagono completo e le di cui parti non tendono a separarsi; io mi figuro assai male il primo miriagono, mentre concepisco benissimo il secondo. Dunque ciò che noi concepiamo non è identico con ciò che possiamo imaginarci, e il concetto non è una cosa sola coll'imagine vacillante da cui è accompagnato » (1).

(1) Taine, *Dell'intelligenza*, I, II, Hachette editore. — In questo passo il Taine sembra ritenere l'idea del concetto generale identica con quella

11. Che cosa è dunque il concetto? I grandissimi servigi che i segni rendono al pensiero indussero alcuni logici antichi e moderni a imaginare che il segno consista unicamente nell'adoperare un medesimo simbolo per rappresentare cose diverse, e che il pensare, il ragionare, il giudicare non consista in altro che nel combinare delle parole sia mentalmente sia pronunciandole. *Universalia flatus vocis*, dicevano alcuni scolastici: le idee generali non sono altro che il suono o la forma della parola che le indica. Secondo questa teoria, la parola cavallo non rappresenterebbe nulla finchè non si tratta tassativamente di un cavallo particolare. In altre parole « cavallo » sarebbe soltanto un segno che può bene unirsi ai segni « quadrupede, vertebrato, veloce », ma che non s'accorda col nome di « rettile » o di « alato ». L'arte di ragionare si ridurrebbe pertanto a sapere quali parole s'accordino o no tra di loro, teoria che il Condillac esprimeva colla notissima formola « Una scienza non è altro che una lingua ben fatta. »

Il matematico Duhamel ha criticato questa teoria con grande severità. Non si riesce a capire, dice egli, come mai un uomo serio e del valore del Condillac abbia potuto abbracciare siffatta dottrina. « Bisogna dire che la stranezza della teoria, unita alla soddisfazione d'averla creata, soddisfazione che il Condillac

---

del miriagono; il che non ci pare esatto. Il concetto è pura astrazione, il miriagono non lo è. Se al concetto non può rispondere un'imagine precisa, ciò accade perchè gli elementi che concorrono a formare il concetto son tutti generali; invece del miriagono non possiamo formarci una rappresentazione sensibile perchè questa figura trascende la nostra imaginazione, laonde non ci riesce di averne una cognizione intuitiva, ma solamente simbolica mediante la cifra 10000. Cfr. la lezione *Leibniz on knowledge* nelle eccellenti *Lessons in logic deductive and inductive* dello Stanley Jevons. (N. d. T.)

non nasconde, e ad una meditazione continua, intesa costantemente a confermare siffatta opinione, abbia prodotto in lui questa specie di idea fissa, che rimase poi lettera morta, come tutto ciò che non è conforme al vero. — Non è già la lingua che costituisce le deduzioni; essa non fa altro che esprimerle e fissarle quando la mente le ha concepite, e può renderle più o meno facili secondo che è più o meno perfetta. Le dimostrazioni d'Archimede, tanto difficili a comprendere adoperando, come egli faceva, il linguaggio ordinario, divengono semplicissime col linguaggio algebrico. Ma il confrontare un'idea con un'altra è pur sempre un'operazione della mente, e il meccanismo della lingua ha per còmpito di facilitarla, e non già di eseguirla. » (1)

12. Ma, se ciò è vero, in che cosa consiste precisamente l'idea che è risvegliata in noi dai termini generali, e che non può essere una semplice imagine, nemmeno confusa?

La natura del concetto potrebbe forse spiegarsi come segue. Allorchè noi abbiam veduti successivamente e confrontati molti alberi, animali, paesaggi, noi abbiamo fatto per ciascun d'essi un atto d'intelligenza, un lavorìo d'incontestabile realtà psicologica, che consiste appunto in ciò che si chiama un confronto. Questa attività mentale che si è ripetuta per ogni oggetto, pur rimanendo in sostanza sempre la stessa, è il legame che unisce tutta quanta una serie, ed è a questo legame che noi pensiamo quando enunciamo il termine generale. Ora questo pensiero è certo puramente formale, e privo affatto di conte-

(1) DUHAMEL (1797-1872), professore alla Scuola politecnica, *Del metodo nelle scienze ragionative*, I, 72-76, Parigi, Gauthier-Villars.

nuto. Ma l'esperienza precedente ci ha insegnato che questo concetto si adatta a ricevere precisamente quelle determinazioni materiali che noi abbiam bisogno di considerare nei singoli casi. Io mi formo, a cagion d'esempio, il concetto di quadrupede; senza dubbio io imagino vagamente delle zampe di cavallo, di leone o di cane; ma ciò che io penso è l'*atto* intellettuale di contare quattro zampe e di rendersi conto del numero, atto che rimane il medesimo in ogni caso particolare. Questo atto è da una parte benissimo determinato, ma dall'altra impossibile a imaginarsi sotto forma materiale; e questi sono i due caratteri fondamentali delle idee generali. Similmente, se io penso alle idee di altezza, di profondità, di giustizia, di virtù, io veggo sorgere nella mia mente non già l'imagine d'una cosa, ma il ricordo e la forma d'un'operazione mentale, un fondo sul quale si possono tracciare delle imagini, sul quale ne abbiamo già tracciato e sappiamo di poterne tracciare ancora: insomma è il movimento intellettuale eseguito dall'anima quando per la prima volta ha percepito e poscia confrontato i diversi individui compresi in una idea generale. Si può dunque asserire che il concetto generale non è nè un semplice segno nè una vera idea (εἶδος) che racchiuda una materia, ossia un oggetto sensibile del pensiero, ma consiste piuttosto in uno *schema operativo* della nostra intelligenza, paragonabile al ritmo d'un verso, di cui non si ricordassero più le parole, o al movimento a vuoto d'una macchina tipografica che continuasse a camminare dopo d'aver stampato l'ultimo foglio (1).

(1) Il Taine dice che un'idea generale è una *tendenza al movimento*, la quale produce un segno, cioè una parola o un gesto. In ciò vi è senza dubbio molto di vero, ma il Taine non ci presenta che il lato emotivo ed

Del resto, se questa spiegazione può avere qualche importanza dal punto di vista della psicologia, che cerca anzitutto di conoscere con precisione i processi mentali, essa non presenta che un interesse puramente speculativo nel campo della logica e della filosofia delle scienze. Poichè sussistono sempre due fatti indiscutibili: prima, che ogni scienza forma e combina delle idee generali, qualunque sia il modo in che noi le pensiamo; poi, che ci riuscirebbe impossibile il precisare, ritenere e confrontare le idee, se non potessimo, in tutte queste operazioni, rappresentarle mediante i segni che ne tengono le veci.

La scienza e l'autorità. — Il progresso delle scienze.

13. « In tutte quelle materie nelle quali si vuol solamente conoscere ciò che gli autori hanno scritto, come nella storia, nella geografia, nella giurisprudenza, nelle lingue, e specialmente nella teologia; in tutte quelle materie insomma che traggono origine dai semplici fatti o dalle istituzioni sia divine che umane, bisogna di necessità ricorrere ai libri, poichè essi contengono tutto quello che è possibile conoscerne; per cui risulta evidente che di queste materie si può avere conoscenza compiuta e che non è possibile aggiungervi nulla.

« Se si trattasse di sapere chi è stato il primo re di Francia, in qual luogo i geografi collochino il primo meridiano, quali parole appartengano ad una lingua morta, e altre simili cose, di quali altri mezzi potremmo noi servirci tranne che dei libri?

---

esterno del fenomeno, mentre è necessario spiegare questa impulsione per conoscere da quale stato intellettuale essa dipenda. Ora è facile il riuscire a questo, se nel concetto si ravvisa l'imagine d'un'operazione interna della nostra intelligenza; poichè, secondo la legge del dinamismo delle idee, un'idea siffatta deve di necessità tendere all'atto, e determinare un movimento materiale, una tendenza organica come quella di cui abbiamo mostrata l'esistenza.

E chi potrebbe aggiungere qualche cosa di nuovo a ciò che essi contengono, poichè non si mira se non a sapere quello appunto che essi ci dicono? In questi casi noi non possiamo far capo che all'autorità. Ora la materia, dove l'autorità ha maggior valore, è la teologia perchè in teologia l'autorità è inseparabile dalla verità, e noi non abbiamo cognizione della verità se non dall'autorità; di maniera che, per dimostrare la piena certezza delle materie più incomprensibili alla ragione, basta additarle nelle sacre scritture, perchè i principii di questa certezza oltrepassano la nostra natura e la nostra ragione, e perchè la mente umana, essendo troppo debole per arrivarvi colle sole sue forze, non può pervenire a queste altissime idee se non con l'aiuto d'una forza onnipossente e sopranaturale.

« Così non è invece di quelle materie che cadono sotto i sensi o che possono essere afferrate dalla nostra ragione: qui l'autorità non serve a nulla, ed è solamente la ragione quella che se ne deve occupare. L'autorità e la ragione hanno diritti separati; nel primo caso l'autorità preponderava, nel secondo ha luogo esclusivamente la ragione. Ma siccome gli argomenti sottoposti al suo dominio sono proporzionati alle forze della mente, questa è pienamente libera di espandervisi, e la sua inesauribile fecondità si esplica in continuate scoperte che non si interrompono e non si fermano mai.... Gli è per questo che la geometria, l'aritmetica, la musica, la fisica, la medicina, l'architettura e tutte le scienze che cadono sotto il dominio della ragione non possono avviarsi alla perfezione che accrescendosi sempre più. Gli antichi trovarono queste scienze appena abozzate dai loro predecessori, e noi le lasceremo a coloro che verranno dopo di noi più sviluppate di quello che le abbiam ricevute. E dipendendo la loro perfezione dal tempo e dalla fatica, si può ammettere che il tempo e la fatica che noi vi abbiamo speso sarebbero stati meno efficaci senza l'aiuto dei loro lavori, ma gli è pure evidente che gli sforzi riuniti devono aver fatto progredire le scienze più che se avessero operato isolatamente.

« Tuttavia le opinioni degli antichi sono oggetto d'una strana ammirazione e riverenza. Contraddirle è un delitto, aggiungerne

delle altre, è un attentato, come se gli antichi avessero conosciute tutte quante le verità (1). Ma non è questo forse un trattare indegnamente l'umana ragione e metterla a paro coll'istinto animale, poichè così si toglie via la loro principale differenza consistente in ciò che gli effetti del ragionamento crescono sempre, mentre l'istinto è sempre stazionario? I favi delle api erano costruiti mille anni or sono con quella medesima esattezza, con cui lo sono al presente, e ciascun'ape forma la sua prima cellula esagona con quella medesima precisione che l'ultima. Lo stesso si può dire di tutto quello che gli animali producono in virtù di questo movimento occulto (2). La natura li istruisce solo in quanto la necessità lo richiede; ma questa fragile scienza si perde allorchè cessano di averne bisogno. Ricevendola senza studio, non è loro dato di conservarla; e ogni volta che la ricevono, essa riesce lor nuova, poichè la natura, non avendo altro scopo che di mantenere gli animali in uno stato di limitata perfezione, ispira loro una scienza necessaria, ma sempre uguale, temendo non cadano in deperimento, ma d'altra parte non lascia che essi v'aggiungano qualche cosa, temendo non oltrepassino i limiti che essa ha loro prescritti (3). Ma così non accade dell'uomo, che è stato creato

---

(1) Gerolamo Borrius, professore all'università di Pisa, citato dal Thurot nella sua *Storia del principio d'Archimede*, scriveva nel 1576: « Io dico al mio uditorio: ecco ciò che insegna Aristotele; ecco ciò che dice Platone; Galeno si esprime in questi termini; questa è l'opinione di Ippocrate. Coloro che mi ascoltano sono costretti ad ammettere che la parola di Borrius è degna della massima fiducia, poichè non è lui che parla, ma sono gli uomini più illustri che parlano per sua bocca..... Se mi si affaccia alla mente qualche idea che io non trovo ne' miei appunti, io la lascio tosto in disparte come sospetta d'errore, oppure la metto in serbo, finchè invecchi e si spenga senza aver vista la luce. »

(2) Cioè di cui non si conosce la cagione.

(3) Questa idea di Pascal è per lo meno strana. Infatti non si capisce bene che cosa sia questa natura che teme che gli animali diventino troppo intelligenti. « La Natura! diceva il Grimm in un tempo nel quale i filosofi ricorrevano spesso a spiegazioni di questo genere; che donna è costei! » E se il Pascal intende parlare di Dio, è ancor più strano il supporre che Dio abbia paura che gli animali oltrepassino i limiti che egli ha loro prescritti. Ma in tutto questo brano non bisogna forse ravvisare che un'amplificazione letteraria destinata a far da introduzione al pensiero secondo

solamente per l'infinito. Nei primi anni di sua vita egli non sa nulla, ma col progredire dell'età impara continuamente, poichè egli trae partito non solamente dall'esperienza propria, ma benanco da quella de' suoi predecessori, conservando sempre nella memoria le cognizioni da lui acquistate e potendo giovarsi di quelle che gli antichi gli hanno lasciate nei libri. Ora questo tesoro di cognizioni può facilmente essere accresciuto: di maniera che gli uomini si trovano, per così dire, al presente nella stessa condizione, in cui si troverebbero gli antichi filosofi, se avessero potuto vivere fino ai nostri giorni e aggiungere alle cognizioni che già possedevano quelle che avrebbero potuto acquistare in tanti secoli di studi. Da ciò nasce che, in virtù d'uno speciale privilegio, non solamente ciascun uomo progredisce di giorno in giorno nelle scienze, ma l'umanità tutta quanta vi guadagna continuamente terreno a misura che l'universo invecchia, perchè la vita dell'intera umanità non è punto dissimile da quella dei singoli individui; laonde tutta la serie degli uomini che si succedettero sulla terra nel volgere di tanti secoli deve essere considerata come un medesimo uomo che vive sempre e sempre apprende (1). »

14. Malgrado l'eloquenza, con la quale il Pascal ci presenta in questo famoso brano il progresso delle scienze, non si può ammettere senza restrizione quella specie di fatalità alla quale egli vorrebbe sottomettere il progredire delle nostre cognizioni. Un singolo uomo — tranne il caso di strane malattie — conserva sempre le verità che egli si è assimilate. L'umanità è, per contrario, soggetta ad alternative di scienza e di ignoranza, a ritorni di barbarie che cancellano una

---

che ci compensa largamente delle imperfezioni del primo. Del resto questo frammento del Pascal non è altro che un abozzo; le lacune e le frasi incomplete che vi si riscontrano dimostrano che non è stato limato: perciò non è a meravigliare se il pensiero stesso presenta le incertezze d'un primo tentativo.

(1) Biagio Pascal (1623-1662), *Dell'autorità in materia di filosofia*. Articolo primo dei *Pensieri*.

civiltà come la marea cancella sul lido i disegni tracciati nella sabbia. La libertà di parlare e di scrivere, la diffusione superficiale delle scienze nei paesi da noi abitati, la seduzione di scoperte rapide e sempre nuove, tutto contribuisce a nasconderci questa verità. Molte persone credono ora al Progresso come si credeva alla Natura ai tempi del Rousseau, e ben pochi pensano a qual segno il progresso sia cosa instabile ed incerta, faticosa ad acquistare, difficile a conservare. Voltaire aveva senza dubbio ragione allorchè scriveva queste parole piene di fede: « la ragione finirà sempre per aver ragione »; ma se il bene e il vero trionfano sempre alla fine, ciò non accade che per gli sforzi continui degli eroi e dei pensatori, dei martiri del dovere e della scienza. Se gli uomini cessassero di accalorarsi per la verità, se, per progredire nella scienza, se ne rimettessero alla fatalità delle leggi che governano l'universo, non tarderebbero a cadere in quel letargo intellettuale di cui abbiamo al presente un esempio nella China; ben fortunati, se quel poco sapere che posseggono non isvanisse del tutto dalle loro menti. Il male e l'ignoranza son là sempre a farci ostacolo, pronti a riafferrare l'uomo non appena egli vien meno a sè stesso.

Tutti sappiamo che cosa è accaduto nel medio evo, perchè questo periodo è molto vicino al tempo nostro; ma quante volte l'umanità è passata attraverso a crisi di questo genere, e più gravi ancora? Ogni giorno gli eruditi scoprono presso gli antichi delle cognizioni che noi credevamo di aver trovato pei primi, e che invece abbiamo a gran fatica scoperte per la seconda volta. Pitagora insegnava a' suoi discepoli che la terra gira intorno al sole, esponendo un sistema astronomico simile al Copernicano. Due

mila anni dopo le medesime teorie erano tacciate di eresia, e Galileo dovette domandar perdono d'averle sostenute. — Intere civiltà sorsero, scomparvero e furono ricostruite, e tra una civiltà e l'altra havvi un periodo di tenebre e di barbarie. *Sicut regionum*, dice Bacone, *ita temporum sunt eremi et vastitates:* come lo spazio, così il tempo ha i suoi tratti deserti e desolati. Forse l'umanità ha già più di una volta accumulato il tesoro della scienza, poi ha lasciato che si disperdesse. Presso tutti i popoli troviamo la leggenda d'un antico paradiso, di una età dell'oro, di una rivelazione: forse sono altrettanti ricordi di una civiltà e di una scienza anteriore, distrutta da qualche cataclisma naturale o morale. (1) — Siffatte considerazioni possono scuotere la credenza cieca nella fatalità e nell'indestruttibilità dell'umano progresso. I nostri contemporanei applicano volontieri alla scienza che attualmente posseggono le parole dello storico greco: Κτῆμα εἰς ἀεί. (2) Ma ciò non può esser vero, se non a condizione che i pensatori e gli scienziati veglino con infaticabile attività sul patrimonio dello scibile. Altrimenti, chi può mai garantire che esso non andrà distrutto?

15. Tuttavia non mancano fondate ragioni di bene sperare per l'avvenire. J. W. Herschel, nell'ultimo capitolo della sua *Filosofia naturale*, riassume nei termini seguenti le cagioni dello sviluppo attuale delle scienze, i metodi che ne costituiscono la saldezza, e i mezzi di comunicazione che ne assicurano o per lo meno ne prolungano la durata.

---

(1) Cfr. Bailly, *Astronomie* e *Lettres à M. de Voltaire sur le progrès des sciences.*

(2) = un tesoro imperituro. Così Tucidide chiamò la sua Storia. (N. d. T.)

« Il lentissimo progredire delle scienze fisiche sino alla fine del secolo XVI contrasta singolarmente coi passi giganteschi fatti dalle medesime scienze nei secoli posteriori. Nel primo di questi periodi non si riscontrano che miglioramenti di lieve importanza separati da lunghi intervalli, e le scoperte già fatte sono lasciate in dimenticanza o tutt'al più considerate come semplici curiosità letterarie prive d'interesse e di valore intrinseco. Tratto tratto appare qualche studioso isolato che ne sente l'importanza, e che è tormentato da quel bisogno di sapere, che nelle anime elevate supplisce alla mancanza d'ogni altra cosa. Ma, non sapendo quale indirizzo dare a' loro studi, non comprendendo appieno lo scopo a cui volevano giungere, non avendo un'idea adeguata dei vantaggi che potevansi ricavare da ricerche sistematiche e concatenate, e specialmente a cagione dell'universale indifferenza per tutto ciò che non risguardava immediatamente le necessità della vita, quei tentativi iniziati a caso, fallirono, e non riuscirono a dare alla scienza un impulso coerente e regolare. D'altra parte la scienza si concentrava in una regione troppo poco accessibile alle comuni intelligenze. I terremoti, le comete, le meteore ignee attiravano anche allora come al presente l'attenzione generale, e provocavano dappertutto le congetture più strane circa le cause di tali fenomeni; ma non si supponeva che le scienze potessero occuparsi di oggetti volgari o discendere sin nelle miniere e nelle officine. È tuttavia difficile ammettere che tutte le indicazioni fornite dalla natura siano rimaste inosservate, e che molte buone osservazioni e molti ragionamenti validi non si siano perduti prima della scoperta della stampa che fornisce a tutti i mezzi per divulgare le proprie idee. Venne finalmente il momento, in cui la scintilla elettrica si sprigionò, e la sua luce non rimase più uno sterile bagliore. Tutte le buone ispirazioni, tutti i fatti importanti furono accuratamente raccolti e conservati, e ben presto fornirono un fascio di luce inattesa. Il movimento impresso alle menti si propagò da un capo all'altro dell'Europa. La commozione fu così viva, i risultati così grandi da oltrepassare le speranze anche dei più entusiastici. Le più meravigliose scoperte si succedettero l'una all'altra, e tutte quante

le scienze parteciparono senza eccezione a questo grande movimento. Neppur una potremmo citarne che non siasi allargata e perfezionata.

« Tra le principali cause d'una sì felice condizione di cose vuolsi annoverare l'immenso sviluppo della ricchezza e della civiltà, che procura la quiete necessaria agli studi e accresce l'amore per le ricerche intellettuali, amore che a poco a poco si è sparso in tutta Europa, e che presto si diffonderà su tutto il globo coll'estendersi e il moltiplicarsi degli stabilimenti europei. La maggiore agevolezza e gli accresciuti mezzi d'osservazione hanno potentemente contribuito a illuminare i varii rami delle scienze naturali, che in questi ultimi tempi hanno preso una immensa estensione. Alle stesse cause si deve pure attribuire l'enorme incremento che hanno assunto e assumono ogni giorno le varie parti della botanica e della zoologia. Del resto è facile comprendere che le osservazioni raccolte dai viaggiatori anche più solerti e più istruiti, rimangono molto al di sotto dei dati che possono fornire coloro che dimorano e che osservano nei luoghi stessi. I viaggiatori possono riunire delle collezioni e procurarsi frettolosamente alcune notizie, notare la distribuzione delle formazioni geologiche nelle regioni che attraversano, assistere anche allo svolgersi di qualche fenomeno locale; ma soltanto chi vi risiede può intraprendere una serie di osservazioni regolari, quale è voluta per la determinazione scientifica dei climi, delle maree, delle oscillazioni magnetiche e per molte altre cose di simil genere. Solo chi ha dimora fissa in un luogo può entrare nei particolari della struttura geologica, e decidere a qual periodo appartenga veramente ciascuno strato, mediante lo studio accurato e diligente dei detriti che esso contiene. Egli solo può notare le abitudini degli animali indigeni, i limiti della vegetazione, acquistare esatta cognizione delle ricchezze minerali del paese e di moltissimi altri particolari indispensabili per formarsi un'idea completa del globo considerato nel suo assieme, idea che forma la base di quella scienza che si chiama la geografia fisica.

« E neppure si debbono trascurare le opportunità che ci si offrono per osservare e ristudiare quei fenomeni straordinarii

che non si ripresentano se non a lunghi intervalli; il profitto che da loro si cava è tanto più ragguardevole quanto essi sono più rari. Man mano che cresce il numero di coloro che coltivano le scienze, e man mano che s'allarga lo spazio sopra cui sono sparsi, le comunicazioni tra di loro divengono più necessarie e più feconde. Molto importa che parecchie persone non si dedichino esclusivamente a un solo oggetto e non si dieno alle medesime ricerche, poichè, oltre alla perdita del tempo, questi lavori simultanei dànno origine a rivalità e a dispute che riescon sempre dannose alla scienza. D'altra parte, poichè i metodi d'osservazione vanno sempre più migliorandosi e perfezionandosi, è interesse della scienza che si propaghino e si diffondano colla maggior possibile rapidità. L'idea d'un cómpito comune stimola lo zelo degli studiosi, il sentimento della solidarietà li esalta, gli sforzi e le attività si moltiplicano, e questa nobile emulazione discopre e addita gli errori fin dal loro primo nascere.

« Dopo la creazione di quegli istituti che hanno per iscopo il progresso delle scienze in generale, ovvero, ciò che, allo stato attuale delle cose, vale ancor meglio, il progresso di qualche ramo speciale, nulla ha forse contribuito più efficacemente allo sviluppo delle nostre cognizioni quanto la pubblicazione dei giornali scientifici. Tutte le nazioni d'Europa ne contano parecchi, e la rapida ed estesa circolazione di tali scritti fa sì che gli osservatori di tutti i paesi si comunicano facilmente i loro processi e i loro metodi. Ciascuno conosce di qual materia si occupino i colleghi, e i resoconti delle più importanti ricerche, pubblicati periodicamente nelle voluminose collezioni accademiche, dànno un'idea di ciò che è stato fatto e di ciò che rimane a fare; questi, per così dire, programmi, che vengono di tanto in tanto alla luce, hanno una innegabile influenza sul progresso futuro di ogni ramo scientifico, influenza al tutto indipendente dalle informazioni che essi contengono. Quanto poi ai trattati elementari, è inutile insistere sulla loro utilità e sui vantaggi che indubbiamente produrranno in avvenire. Perchè coloro che a noi succederanno possano fruire delle cognizioni che erediteranno da noi, è neces-

sario che noi raggruppiamo, semplifichiamo e analizziamo nel modo più opportuno e più chiaro le cognizioni acquistate dalle generazioni che ci hanno preceduto.

16. « Quantunque nella fabbricazione degli stromenti siano stati introdotti moltissimi miglioramenti tanto dal lato del prezzo che da quello della precisione, tuttavia quelle scienze che hanno bisogno di esatte determinazioni ricevettero il maggiore impulso dalla scoperta di *metodi migliori*. La bilancia di torsione così ingegnosamente imaginata da Coulomb e Cavendish, dimostra la verità di questo asserto. Mediante tale strumento noi possiamo non solamente rendere percettibili, ma benanco misurare con precisione delle forze infinitamente troppo piccole per produrre il benchè minimo effetto sopra una bilancia ordinaria delle più sensibili, dato che si trovasse un modo per farle agire su di essa. Un altro esempio del medesimo genere possiam vederlo nel galvanometro. Con questo stromento noi abbiamo modo di valutare delle forze elettriche che diversamente non solo non sapremmo misurare esattamente, ma non potremmo neppur percepire. Sempre trattandosi di quantità minime, possiamo citare inoltre il metodo indicato da Arago e Fresnel per misurare il potere rifrangente dei corpi trasparenti servendosi dei fenomeni della diffrazione. In questo caso la precisione non ha altri limiti che quelli che l'osservatore stesso vuol fissare, e non dipende che dalla pazienza e dal tempo che egli mette nell'esperimentare. L'igrometro di Daniell ci mostra in qual maniera dobbiamo dirigere l'osservazione sui punti della scienza che restano oscuri, e come si possa sostituire un istromento che fornisce indicazioni fondate su principii rigorosi ad un altro che ci somministra dati puramente arbitrarii.

« Questi sono i principali mezzi che possono far cambiare l'aspetto della fisica. Non bisogna tuttavia dimenticare quei casi fortunati e quelle circostanze imprevedute che sopravvengono a rivelarci quando meno ce lo aspettiamo dei principii sconosciuti. Il Boyle ha intitolato uno de' suoi saggi « Grande ignoranza dell'uso delle cose naturali » oppure « Non v'ha cosa nella natura, della quale si conoscano tutte le applica-

zioni alla vita umana. » La storia delle arti non è se non l'illustrazione di questa idea; e le scienze provano quotidianamente quanto essa sia vera. Inoltre, le probabilità di altre fortunate scoperte, lungi dall'esaurirsi, sembrano crescere sempre più. I fenomeni ordinarii, quelli, vogliam dire, che noi abbiamo continuamente sott'occhio, sono stati senza dubbio minuziosamente studiati; quei principii che sono manifesti per sè stessi sono stati osservati e consacrati nei nostri sistemi scientifici; ma la maggior parte dei fenomeni naturali resta pur sempre inesplicata, e ogni scoperta rivela delle serie intere di fatti che senz'essa sarebbero rimasti ignorati. Così vengono a stabilirsi dei nuovi rapporti, i quali aprono alla ricerca scientifica un campo che continuamente s'allarga e dove è impossibile non incontrarsi in qualche nuovo principio.

« In un piccolo numero di casi noi siamo giunti a scoprire delle leggi generali, dalle quali si deducono delle conseguenze dirette e che ci dànno la soluzione dei fenomeni fisici come di altrettanti problemi, di cui conoscessimo gli elementi. E in un numero di casi più piccolo ancora noi siamo pervenuti a valerci di quel ragionamento astratto, che ci è tanto necessario per condurre a buon fine un sì arduo lavoro. La scienza rimane dunque immensa, inesplorata: dopo un secolo e mezzo dalle scoperte di Newton, durante il qual tempo tutti i rami dello scibile umano furono coltivati con uno zelo e con una energia che non rimasero senza ricompensa, noi ci troviamo ancora al punto in cui si trovava egli stesso: siamo cioè sulla spiaggia d'un vastissimo oceano, dove possiamo raccogliere qualcuno di quei prodotti così belli e svariati che le onde portano continuamente al lido, e che ciò non ostante non si esauriscono mai. (1)

« Questa considerazione, lungi dall'affievolire il nostro coraggio, deve stimolarlo e infondergli nuova lena. Qualunque sia lo stato delle sue cognizioni, l'uomo non deve mai rifiutarsi di fare ogni sforzo per accrescerle.

« Un modo veramente utile di considerare la scienza si è

(1) Questa celebre similitudine è del Newton istesso.

quello di non cercare nel progresso che essa fa continuamente se non il mezzo per giungere a delle leggi generali, di condensare le cognizioni acquistate in formole generali d'un ordine più elevato. Questo punto di vista è in tanto più prezioso in quanto ci rappresenta la scienza quale essa è realmente, vale a dire incompleta, impossibile ad essere interamente fusa in un tutto sistematico o abbracciata da una sola mente. Tuttavia non bisogna dimenticare che, entro i limiti a cui è arrivata l'esperienza, non si è mai fatto un passo verso il generale che non si sia fatto anche verso il semplice. Solamente allorquando ci perdiamo nei minuti particolari, solamente allorquando ci occupiamo in vani e difficili tentativi, nei quali il ragionamento non può servirci di guida, la natura ci sembra oscura e complicata. Ma dal momento in cui noi giungiamo a vederla tal quale essa è, quando, cioè, noi arriviamo a considerarla in modo da poterne abbracciare una parte, per piccola che sia, noi restiamo meravigliati della sua semplicità, e proviamo quella particolare soddisfazione che solo il vero può ispirare. » (1)

---

(1) G. W. Herschel, *Discorso sulla filosofia naturale*, III, 6. — Non bisogna confondere Giovanni Federico Guglielmo Herschel (1792-1871), baronetto e presidente della Società reale di Londra, con suo padre, il celebre astronomo Guglielmo Herschel (1738-1822), scopritore di Urano.

CAPITOLO II.

LA CLASSIFICAZIONE DELLE SCIENZE.

Storia della classificazione delle scienze: Aristotele, Bacone, Cartesio, l'*Enciclopedia*, Augusto Comte, Ampère, Herbert Spencer. — Vantaggi di una classificazione naturale delle cognizioni umane. — Utilità di una filosofia delle scienze.

17. Sin qui abbiam parlato della scienza considerandola come un complesso che tende sempre al medesimo scopo, e le cui parti sono congiunte da un legame di continuità. E tale è veramente l'ideale che noi dobbiamo formarci della scienza e che se ne son formati i grandi pensatori da Aristotele a Cartesio, da Leibnitz a Lavoisier. Ma la realtà non corrisponde a gran pezza con questo perfetto esemplare. La favella e l'esperienza ci avvertono che la *Scienza* è un'astrazione, e che — finora almeno — non esistono che *scienze* separate, le quali differiscono e per la materia che trattano e per il punto di vista da cui partono e per il metodo che seguono. Tra l'una e l'altra scienza esistono poi lacune così profonde, che molti valentuomini disperano che possano mai essere colmate.

Mediante ciascuna di queste scienze noi ordiniamo le varie parti delle nostre cognizioni. La geometria ci guida nello studio delle forme, la chimica nelle combinazioni dei corpi, la psicologia nei fenomeni del pensiero, e via dicendo. Ma quale correlazione esiste tra queste scienze? Man mano che esse si svi-

lupparono, si isolarono e si precisarono, gli scienziati hanno provato il bisogno di riunirle in una classificazione, e questa classificazione si è naturalmente complicata man mano che gli elementi da lei coordinati divennero più numerosi e meglio definiti.

18. Aristotele ammette una scienza fondamentale, la φιλοσοφία πρώτη, che ha per oggetto la realtà ultima e l'essenza immutabile delle cose, e che al presente chiamasi *metafisica*. A questa filosofia prima son subordinate tre altre φιλοσοφίαι o scienze: la *teoretica* o speculazione, di cui fan parte la matematica, la fisica, la storia naturale; — la *pratica*, vale a dir la *morale;* — e finalmente la *poetica,* vale a dire l'estetica. (1)

Gli stoici dividono la scienza in tre parti: la *fisica* o scienza del mondo, l'*etica*, che corrisponde alla nostra morale, e la *logica,* insistendo fortemente sul legame che congiunge questi tre punti di vista, e sostenendo che nessun d'essi è compiuto per sè medesimo. Gli stoici paragonano la scienza tutta quanta ad un fertile giardino; la logica rappresenta i muri che lo difendono; la fisica il terreno fecondo; la morale i frutti che vi si raccolgono. (2)

---

(1) La parola *filosofia,* inventata, si dice, da Pitagora, al quale sembrava troppo pomposo il termine σοφία, indicò dapprima tutto quanto il sistema delle cognizioni umane, vale a dire ciò che modernamente si chiama lo scibile o la scienza. Aristotele, come si vede, attribuisce ancora alla voce filosofia questo medesimo senso; e così fanno anche Bacone, Cartesio e Leibnitz. Al presente questa parola si applica specialmente alle scienze psicologiche e morali; tuttavia la si trova ancora talvolta usata nel senso antico (p. e. dal Leopardi nel dialogo *Il Parini*). Gli Inglesi chiamano la fisica *natural physolophy* e il fisico *natural phylosopher* (*physician* significa medico). Si notino ancora le denominazioni classiche di « lampada filosofica » e « pietra filosofale. »

(2) Diogene Laerzio, *Vita di Zenone.*

19. Di una classificazione delle scienze non vi è traccia prima dell' evo moderno. Bacone (1), giudicando che le facoltà intellettuali dell'uomo possano ridursi a tre: la memoria, l' imaginazione, la ragione, divide le cognizioni umane nelle corrispondenti categorie della storia, della poesia e della filosofia.

La *storia* si suddivide nella « storia civile », la quale abbraccia tutto quello che noi sappiamo degli avvenimenti passati, e nella « storia naturale »; questo termine, che s' adopera anche al presente, ma in un senso più ristretto, designa, secondo Bacone, ogni cognizione sulla natura, che sia solamente descrittiva e di mera erudizione: « la storia, egli dice, cammina a terra e ci guida piuttosto che illuminarci. » (2) Nella storia naturale Bacone distingue la storia delle cose celesti, delle meteore, dell'aria, della terra, degli elementi, delle specie animali e vegetali, assegnando una speciale sezione allo studio delle irregolarità della natura e dei mostri.

La *poesia*, che è il complesso delle opere dell' imaginazione, può essere, a seconda dello scopo che si propone, o narrativa o drammatica o parabolica. Quest'ultima, che corrisponde esattamente a ciò che noi chiamiamo l'arte simbolica, ha per Bacone un altissimo interesse. Egli cita numerosissimi esempi dei sensi simbolici forniti dalla mitologia pagana, e ci ha lasciato due opere *(de sapientia veterum — de*

---

(1) Francesco Bacon, barone di Verulam, conte di Saint-Alban, gran cancelliere d'Inghilterra (1560-1626). Aveva incominciato un lavoro intitolato *Instauratio magna scientiarum*, che doveva abbracciare sei parti: *De dignitate et augmentis scientiarum*, *Novum organum*, *Silva silvarum*, *Scala intellectus*, *Prodromi conscientiae*, *Philosophia secunda*. Non ne furono compilate che le prime due parti, che tuttavia presentano qualche lacuna. Delle altre, Bacone non ci ha lasciato che frammenti.

(2) *De dignitate et augmentis scientiarum*, III, 1.

principiis atque originibus) consacrate all'interpretazione metafisica e morale delle favole antiche.

Finalmente la *filosofia*, opera della ragione, « versa intorno a tre oggetti: Dio, la natura, e l'uomo. Anche i raggi, mediante i quali le cose ci illuminano, sono di tre maniere. La natura manda all'intelligenza dei raggi diretti. La divinità, a cagione della diversità del mezzo (con che voglio dire delle creature) la colpisce con raggi rifratti. Finalmente l'uomo, rivelato e mostrato a sè stesso, la impressiona con raggi riflessi. Bisogna dunque dividere la filosofia in tre dottrine: la dottrina su Dio, la dottrina sulla natura, la dottrina sull'uomo. » (1)

a) La teologia, ossia la scienza di Dio, degli angeli e dei demonii. Bacone si restringe a ciò che ci è dato saperne mediante la ragione: la teologia rivelata è lasciata da parte e considerata come estranea alla scienza. Cartesio ha imitato questo rispetto, che potrebbe anche sembrare indifferenza.

b) La filosofia naturale. Incomincia dalla metafisica, scienza degli assiomi, delle forme essenziali dell'essere e delle cause finali. La metafisica conduce alla fisica, le di cui applicazioni costituiscono la filosofia pratica o magía naturale. La matematica, tanto pura che applicata, forma un'appendice della filosofia naturale, pure essendone parte integrale.

c) La filosofia umana, o scienza dell'uomo, si divide, dal punto di vista fisico, in medicina, cosmetica, atletica, e scienza dei piaceri; — dal punto di vista spirituale, in psicologia, logica e morale. Non occorre quasi dire che Bacone esamina con particolar cura e con ricchezza di particolari quest'ultima di-

(1) *De dignitate*, III, 1.

visione, non accontentandosi di far l'elenco delle scienze conosciute, ma indicando, talvolta con sorprendente divinazione, le lacune che egli riscontra nella scienza del tempo suo. Per citarne un solo esempio, Bacone afferma che un posto tra le scienze compete eziandio a quella che tratta delle cause e degli effetti del fascino, scienza che appena in questi ultimi tempi è stata riconosciuta come un ramo della psicologia esperimentale, sotto il nome d'ipnotismo. (1)

20. Cartesio vuole anzitutto che lo scienziato non perda di vista l'unità della scienza e del metodo. « La lunga catena di semplicissimi e facilissimi ragionamenti, di cui si servono i geometri per arrivare alle più difficili dimostrazioni, mi avevano condotto a imaginare che tutte le cose che possono cadere sotto la conoscenza umana sieno tra di loro concatenate nel medesimo modo, e che, a condizione di non ammetterne per vera qualcuna che non lo sia, e di osservare sempre l'ordine necessario per dedurle le une dalle altre, nessuna possa essere nè così remota, alla quale finalmente non si pervenga, nè così astrusa, che non si riesca a scoprire. » (2)

Se non che in questa immensa deduzione, che parte dai primi principii per giungere gradatamente agli ultimi particolari delle cose, si possono ravvisare dei periodi successivi: « La prima parte della filosofia è la metafisica, che contiene i principii della cono-

---

(1) *De dignitate*, IV, 3. — Lo stesso Bacone in un elenco, che egli intitola *Desiderata o il nuovo mondo delle scienze*, ha raccolto un grandissimo numero di rami dello scibile che al suo tempo non esistevano, e che egli desiderava di veder sorgere. Spesse volte egli ne ha, con singolare penetrazione d'ingegno, tracciato persino il metodo.

(2) CARTESIO (1596-1650), *Discours de la méthode*, 2ª partie.

scenza, tra i quali ha luogo la spiegazione dei principali attributi di Dio, dell'immortalità dell'anima e di tutte le nozioni chiare e semplici che si trovano in noi; la seconda è la fisica, nella quale, dopo di aver ritrovati i veri principii delle cose materiali, si esamina prima in generale come sia composto tutto l'universo, poscia in particolare qual sia la natura di questa terra e di tutti i corpi che vi si trovano, per es. dell'aria, dell'acqua, del fuoco, della calamita, ecc. Dopo di che è necessario altresì esaminare in particolare la natura delle piante, quella degli animali, e segnatamente quella dell'uomo, per poter poi trovare le altre scienze che gli sono utili. — Così tutta la filosofia è come un albero, di cui la metafisica rappresenta le radici, la fisica il tronco; e i rami che escono da questo tronco sono tutte le altre scienze, che si riducono a tre di maggiore importanza: la medicina, la meccanica e la morale, intendendo parlare della morale più elevata e più perfetta, la quale, presupponendo intera cognizione delle altre scienze, è il grado più eminente della sapienza. » (1)

21. Una società di scienziati e di letterati, a capo della quale erano il matematico d'Alembert e il filosofo Diderot, si accinse nel XVIII secolo a pubblicare un Dizionario ragionato di scienze, lettere ed arti, conosciutissimo sotto il nome di *Enciclopedia*. Al primo volume fu premesso un « Discorso preliminare », opera del d'Alembert, e una classificazione delle scienze dettata dal Diderot e simile, nelle linee principali, a quella di Bacone. Anche il Diderot di-

(1) *Principes de la philosophie.* Préface.

vide l'intelligenza umana in tre facoltà, e il sapere in tre parti rispettivamente corrispondenti: la memoria che produce la storia, la ragione che produce la filosofia, l'imaginazione, dalla quale hanno origine le arti belle. Il Diderot ha poi riassunto la sua classificazione in un grande « quadro figurato delle cognizioni umane », che fu stampato in principio dell'*Enciclopedia*. Eccone le principali divisioni:

A. STORIA.

1. Sacra — Storia delle profezie
2. Civile — Ecclesiastica; Politica; Letteraria
3. Naturale
   - Leggi della natura . . . — del cielo; della terra; del mare; dei minerali; dei vegetali; degli animali; degli elementi
   - Irregolarità della natura — Prodigi; Mostri
   - Usi della natura . . . — Arti meccaniche; Mestieri; Manifatture

B. FILOSOFIA o SCIENZA.

1. Metafisica
   - Metafisica generale o ontologia. Scienza dell'essere, della possibilità dell'esistenza, ecc.
   - Teologia . . . . . — naturale; rivelata
   - Scienza degli spiriti . . — Divinazione; Magia
2. Scienza dell'uomo
   - Pneumatologia o scienza dell'anima (= *psicologia*)
   - Logica . . . . . — arte di pensare; arte di ritenere; arte di comunicare
   - Morale . . . . . — Morale generale; Diritto; Economica; Politica

3. Scienza della natura
- Fisica generale. Scienza dell'estensione, dell'impenetrabilità, del moto, del vuoto, ecc.
- Matematiche pure . . . { Aritmetica; Algebra; Geometria }
- Matematiche miste . . { Meccanica; Astronomia geometrica; Ottica; Acustica; Pneumatica; Calcolo delle probabilità }
- Fisica particolare . . . { Zoologia; Astronomia fisica; Meteorologia; Geologia; Botanica; Mineralogia; Chimica }

C. BELLE ARTI.

1. Poesia { narrativa; drammatica; parabolica }
2. Musica
3. Pittura
4. Scultura
5. Architettura
6. Incisione (1)

22. Questo grande tentativo fu rinnovato nel nostro secolo da Augusto Comte: « profondamente convinto, egli dice, che tutte le classificazioni enciclopediche costruite, come quelle di Bacone e di d'Alembert, seguendo una distinzione arbitraria delle varie facoltà dell'anima umana sono per ciò solo radicalmente erronee, poichè in ogni sua sfera d'attività l'anima nostra mette in opera simultaneamente tutte le sue principali facoltà. » Laonde Augusto Comte tentò di desumere la sua classificazione dalla semplice osservazione delle scienze esistenti.

(1) *Encyclopédie, ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*, par une société de gens de lettres, mis en ordre par Diderot et quant à la partie mathématique par d'Alembert. — Sono 28 volumi in foglio, cinque volumi di supplementi e due di indice analitico. La pubblicazione durò dal 1751 al 1780. Tutte le Enciclopedie e tutti i grandi Dizionarii francesi ed esteri hanno preso per base questo lavoro, e talvolta ne hanno semplicemente riprodotti gli articoli.

« Considerando il complesso dei fenomeni naturali, noi ci sentiamo tosto indotti a dividerli anzitutto in due grandi classi principali, la prima delle quali comprende tutti i fenomeni dei corpi inanimati, l'altra tutti i fenomeni dei corpi organizzati e viventi.

« Questi ultimi fenomeni sono infatti indubbiamente più complicati e più specificati degli altri; essi dipendono da loro, mentre questi non ne dipendono in modo alcuno. Da ciò risulta la necessità di non istudiare i fenomeni fisiologici se non dopo studiati quelli che ci presentano i corpi inorganici. Comunque si voglia spiegare la differenza che intercede tra queste due specie di esseri, egli è certo che nei corpi viventi si osservano tutti i fenomeni, sieno meccanici o chimici, che hanno luogo nei corpi inanimati, più un ordine al tutto speciale di fenomeni, che sono i fenomeni vitali propriamente detti, cioè quelli che nascono dal fatto dell'*organismo*.

« Non si può certamente negare che le idee circa il modo di concepire in generale i fenomeni dei corpi viventi sono ancora molto indeterminate. Ma, qualunque sia la conclusione a cui ci farà pervenire in proposito il progresso delle scienze naturali, la classificazione, che noi crediamo di stabilire, non potrebbe esserne menomamente infirmata. Infatti, quand'anche si ammettesse per dimostrato — al che lo stato attuale della fisiologia non ci autorizza punto — che i fenomeni fisiologici non sono che semplici fenomeni meccanici, elettrici (1) e chimici modificati dalla struttura e dalla composizione proprie dei corpi organizzati, la nostra divisione fondamentale sussisterebbe pur sempre, poichè, anche in questa ipotesi, non è men vero che i fenomeni generali debbono esser studiati prima di passare all'esame delle speciali modificazioni, a cui soggiacciono in deter-

(1) Forse, più che *elettrici*, ci si aspetterebbe *fisici*. Ma le prime scoperte sull'elettricità impressionarono così le menti, che molti assimilarono tosto l'elettricità all'azione nervosa, come già si fece in antico per il respiro (ψυχή, *spiritus*), il fuoco, la fiamma, ecc., e per gli *spiriti animali* di Cartesio.

(In questi ultimi tempi si è tuttavia constatato che i nervi, nello stato di quiete, sono elettrizzati positivamente, ma, sotto l'eccitazione, sono percorsi da una corrente negativa. N. d. T.)

minati esseri. Pertanto la divisione delle scienze che ora, per la maggior parte delle menti colte, si fonda sulla diversità delle leggi, è così fatta da durare indefinitamente in causa della subordinazione dei fenomeni, e per conseguenza degli studi, per quanto stretti siano i punti di contatto che si potranno in futuro stabilire con certezza tra le due categorie di corpi.

« Non è qui il luogo di esporre nelle sue parti essenziali il raffronto generale tra i corpi inanimati e i corpi viventi, raffronto che formerà oggetto di accurato esame nella parte fisiologica di queste lezioni. Per ora, basterà che abbiamo riconosciuta la necessità logica di separare la scienza che tratta dei primi da quella che si occupa dei secondi, e di non procedere allo studio della *fisica organica* prima d'aver fissate le leggi generali della *fisica inorganica*.

« Passiamo adesso a determinare la suddivisione principale, di cui, secondo la detta regola, è suscettibile ciascuna delle due grandi parti della filosofia naturale.

« I. Per la fisica inorganica noi vediamo in primo luogo, attenendoci sempre al concetto della generalità e della subordinazione dei fenomeni, che essa deve dividersi in due distinte sezioni, secondo che prende a considerare i fenomeni generali dell'universo, o, in particolare, i fenomeni dei corpi terrestri. D'onde abbiamo la fisica celeste, ossia l'*astronomia*, tanto geometrica che meccanica, e la fisica terrestre. La necessità di questa divisione è simile esattamente alla precedente.

« Alla sua volta, la fisica terrestre si suddivide, sempre alla scorta del medesimo principio, in due parti ben distinte, secondo che essa considera i corpi dal punto di vista meccanico o dal punto di vista chimico. D'onde la *fisica* propriamente detta e la *chimica*. Quest'ultima, per essere considerata in modo veramente metodico, suppone evidentemente la previa cognizione dell'altra, poichè tutti i fenomeni chimici sono necessariamente più complicati dei fenomeni fisici, dai quali dipendono senza esercitare su di essi influenza alcuna. È noto infatti che ogni azione chimica soggiace dapprima all'influenza del peso, del calore, dell'elettricità ecc., presentando inoltre qualche elemento suo proprio, che modifica l'azione delle forze fisiche. Questa

considerazione mostra all'evidenza che la chimica non può che venir dopo la fisica, presentandocela nel tempo stesso come una scienza da lei distinta. Poichè, qualunque sia l'opinione che si può avere intorno alle affinità chimiche, e quand' anche in esse non si ravvisassero che delle modificazioni della gravitazione generale prodotte dalla configurazione e dalla vicendevole disposizione degli atomi, rimarrebbe pur sempre vero che la necessità di aver continuamente riguardo a queste speciali condizioni non ci permetterebbe di trattare la chimica come semplice appendice della fisica, e in ogni caso saremmo costretti, non foss'altro che per maggiore facilità di studio, a mantenere quella divisione e quella concatenazione che ora ritengonsi dipendere dall'eterogeneità dei fenomeni.

« Tale è dunque la distribuzione razionale delle parti principali, in cui si divide la scienza dei corpi inanimati in generale. Una analoga divisione si può nello stesso modo ravvisare nella scienza dei corpi organizzati in generale.

« II. Tutti gli esseri viventi presentano due categorie di fenomeni essenzialmente distinte: i fenomeni che si riferiscono agli individui e quelli che risguardano la specie, massime se la specie è socievole; e tale distinzione è particolarmente importante per l'uomo. La seconda categoria di fenomeni è evidentemente più complessa e più specializzata della prima; essa dipende dalla prima, senza influire su di lei. Abbiamo quindi due grandi sezioni della fisica organica: la *fisiologia* propriamente detta e la *fisica sociale*, che si basa sulla fisiologia.

« In tutti i fenomeni sociali si avverte in primo luogo l'influenza delle leggi fisiologiche individuali, più qualche particolare elemento che ne modifica gli effetti e che dipende dalla azione che gli individui esercitano l'uno sull'altro, grandemente complicata, nella specie umana, dall'influenza d'una generazione sulla generazione successiva. Egli è dunque evidente che per indagare convenientemente i fenomeni sociali bisogna anzitutto prendere le mosse da una profonda cognizione delle leggi che si riferiscono alla vita individuale. D'altra parte, questa necessaria subordinazione dei due studi non esige menomamente (come hanno opinato alcuni sommi fisiologi) che

la fisica sociale sia considerata come semplice appendice della fisiologia. Sebbene i fenomeni siano senza dubbio omogenei, pure non sono identici, e la separazione delle due scienze è di un'importanza veramente capitale, poichè sarebbe impossibile trattare lo studio collettivo della specie come pura deduzione dallo studio degli individui, essendo che nel primo di questi studii la maggiore e più essenziale importanza deve esser data alle condizioni sociali che modificano l'azione delle leggi fisiologiche. La fisica sociale deve pertanto basare sopra un complesso di osservazioni dirette che le appartengano in proprio, pure avendo conveniente riguardo all'intima relazione, in cui questa scienza si trova necessariamente colla fisiologia propriamente detta.

« Riducendo in brevi termini questa discussione, la filosofia positiva dividesi naturalmente in cinque scienze fondamentali, la cui successione è determinata da una subordinazione necessaria e immutabile, basata, indipendentemente da ogni opinione ipotetica, sopra il semplice accurato confronto dei fenomeni corrispondenti; e queste scienze sono: l'astronomia, la fisica, la chimica, la fisiologia e la fisica sociale. La prima considera i fenomeni più generali, più semplici, più astratti e più lontani dall'umanità; essi influiscono su tutti gli altri senza dipenderne in modo alcuno. I fenomeni, di cui si occupa l'ultima delle cinque scienze, sono per contrario i più speciali, i più complessi, i più concreti, e quelli che più direttamente hanno rapporto con l'umanità; essi dipendono più o meno dai fenomeni di tutte le altre scienze, ma non hanno su di essi influenza alcuna. Tra questi due estremi, vanno man mano crescendo i gradi di specialità, di complessità, di personalità dei fenomeni, e la loro successiva dipendenza. Tale è l'intima relazione generale che la vera osservazione filosofica, opportunamente applicata in luogo di vane e arbitrarie distinzioni, conduce a stabilire tra le varie scienze fondamentali.

23. « A fine di completare l'esposizione generale del disegno di queste lezioni, resta ora a considerare una grandissima e capitale lacuna, che io ho lasciato a bella posta nel mio schema enciclopedico, e che il lettore avrà senza dubbio notata. Infatti,

nel nostro sistema scientifico, nessun posto è stato assegnato alla scienza *matematica*.

« La causa di questa volontaria omissione sta nell'importanza stessa di questa scienza così vasta e fondamentale. La prossima lezione sarà interamente dedicata a determinare esattamente il suo vero carattere generale, e a precisare per conseguenza il suo posto nel quadro enciclopedico. Intanto, per non lasciare incompleto, sotto un punto di vista così importante, lo schema che ho tentato di abozzare in questa lezione, indicherò fin d'ora sommariamente i risultati generali dell'indagine che sarà intrapresa nella lezione prossima.

« Al punto, al quale è giunto al presente lo sviluppo delle nostre cognizioni positive, conviene, a parer mio, risguardare la scienza matematica non tanto come parte integrale della filosofia naturale propriamente detta, quanto come quella che costituisce (dopo Cartesio e Newton) il vero fondamento di questa filosofia stessa; sebbene, a parlar più esatto, la matematica sia l'una e l'altra cosa ad un tempo. Infatti la matematica è adesso molto meno importante per le cognizioni (al tutto reali e molto pregevoli del resto), che la compongono direttamente, che come lo stromento più valido di cui l'intelligenza umana possa giovarsi nell'indagare le leggi dei fenomeni naturali.

« Egli è del resto evidente che mettendo, come noi facciamo, la matematica a capo della filosofia positiva, noi estendiamo ancor più l'applicazione del nostro principio di classificazione fondato sulla dipendenza successiva delle scienze in ragione del grado d'astrazione dei rispettivi fenomeni, criterio a cui s'informa la serie enciclopedica tracciata in questa lezione. Ora noi non facciamo altro se non restituire a questa serie il vero suo termine primo, che per la sua speciale importanza esigeva un esame più particolare e profondo. È chiaro infatti che i fenomeni geometrici e meccanici sono, tra tutti, i più generali, i più semplici, i più astratti, i più irreducibili e i più indipendenti dagli altri, di cui, al contrario, costituiscono la base. Ed è chiaro del pari che il loro studio è un preliminare indispensabile allo studio di tutti gli altri ordini di fenomeni. La ma-

tematica deve pertanto essere il vero punto di partenza di ogni educazione scientifica razionale, vuoi generale o speciale, il che spiega come da lungo tempo si segua empiricamente questa via; la qual cosa, in origine, non ebbe a dir vero altra cagione se non la maggiore antichità della scienza matematica. » (1)

24. La classificazione delle scienze più completa, che sia stata finora tentata, è dovuta all'Ampère (2). Egli vi si accinse durante il corso di fisica generale che tenne al collegio di Francia, e quindi la espose nel suo *Saggio sulla filosofia delle scienze*. L'originalità del suo sistema consiste in questo, che egli non volle prender per base nè una divisione delle facoltà dell'anima, come Bacone e gli enciclopedisti, nè accontentarsi, come Augusto Comte, d'una semplice enumerazione empirica delle scienze esistenti. L'Ampère invece si è posto sul terreno della psicologia, e si è domandato da quanti punti di vista possa essere considerato ogni oggetto dell'umano sapere; egli ne ha trovati quattro, che sono, per usare le sue parole, « la chiave della sua classificazione »:

1.° Il punto di vista *autoptico* o puramente descrittivo. Cade sotto questo punto di vista tutto ciò che si scorge a prima giunta e senz'altra ricerca;

2.° Il punto di vista *criptoristico*, il quale consiste nello scoprire ciò che a prima giunta non si

---

(1) Augusto Comte, *Filosofia positiva*, I, 2.

(2) Andrea-Maria Ampère (1775-1836) dell'Accademia delle Scienze. Fu professore di matematica a Lione, ripetitore d'analisi alla Scuola Politecnica di Parigi, professore di fisica generale al Collegio di Francia, poi ispettore generale dell'Università. Singolarissima è la sua biografia morale: le stranezze del suo carattere e le sue distrazioni son rimaste proverbiali. Lasciò molti lavori di matematica, di fisica e di chimica; il più celebre tra essi contiene la scoperta delle azioni reciproche tra le correnti e i magneti.

vede, pure partendo dai dati che ci son forniti dal punto di vista autoptico;

3.° Il punto di visto *troponomico*, che ricerca le leggi dei mutamenti a cui vanno soggette le cose, di cui i due primi punti non consideravano che i rapporti statici;

4.° Finalmente il punto di vista *criptologico*, che sta al terzo punto come il secondo sta al primo; analogia che è simbolizzata anche dalle rispettive denominazioni.

Così i due grandi oggetti dell'umana cognizione, cioè la materia e lo spirito, daranno origine ciascuno a quattro ramificazioni di scienze, considerandoli dai punti di vista ora enumerati: la materia alle scienze matematiche, fisiche, naturali e mediche; lo spirito alle scienze filosofiche, dialegmatiche (1), etnologiche e politiche. Ma il carattere più singolare di questa classificazione si è che i quattro punti di vista, a cui abbiamo accennato, si prestano anche alla suddivisione di questi grandi rami dello scibile. Così dalle matematiche hanno origine quattro scienze: Aritmologia, Geometria, Meccanica, Uranologia, nelle quali è facile ravvisare le forme autoptica, criptoristica, troponomica e criptologica. Inoltre ognuna di queste suddivisioni può, se la si considera sotto i quattro aspetti, dare origine a quattro nuove suddivisioni, che avranno tra di loro i medesimi rapporti: p. e. la Meccanica, che è una delle quattro parti delle matematiche, comprenderà la statica, la dinamica, la cinematica e la meccanica molecolare. Questo sistema fa sì che il quadro delle cognizioni umane ci si presenta come il più bell'esempio d'ordine *analo-*

(1) Scienze che hanno per oggetto le arti e la favella.

gico [129] che si possa imaginare, considerazione che ebbe gran peso nel decidere l'Ampère ad abbracciare questo modo di classificazione.

Il *quadro delle cognizioni umane* posto alla fine della sua opera, arriva quindi sino alle scienze di terzo ordine, che, per le ragioni or ora vedute, ascendono al numero di $2 \times 4 \times 4 \times 4$, ossia a 128. Eccolo riassunto, omettendo le suddivisioni di terzo ordine, il che permette di meglio afferrarne il concetto.

A. SCIENZE COSMOLOGICHE. *Mundus* (1)		B. SCIENZE NOOLOGICHE. *Mens*	
I. Matematiche	1. Aritmologia (2) 2. Geometria 3. Meccanica 4. Uranologia	I. Filosofiche	1. Psicologia 2. Metafisica 3. Etica 4. Telesiologia (6)
II. Fisiche	1. Fisica generale 2. Tecnologia (3) 3. Geologia 4. Orictotecnia (4)	II. Dialegmatiche	1. Glottologia 2. Letteratura 3. Tecnestetica (7) 4. Pedagogia
III. Naturali	1. Botanica 2. Agricoltura 3. Zoologia 4. Zootecnia (5)	III. Etnologiche	1. Etnologia 2. Archeologia 3. Storia 4. Ierologia (8)
IV. Mediche	1. Fisica medica 2. Igiene 3. Nosologia 4. Medicina pratica	IV. Politiche	1. Nomologia 2. Arte militare 3. Economia sociale 4. Politica.

(1) Parole dello stesso Ampère, che trovansi nel *Carmen mnemonicum* che accompagna il quadro e riassume in versi latini tutta la sua classificazione. Il *Carmen* è dedicato *optimo et carissimo filio*.

(2) Termine inventato dall'Ampère insieme a molti altri che si leggono nel quadro. Questa scienza comprende nelle sue 4 suddivisioni: l'aritmografia, l'analisi (o algebra), la teoria delle funzioni e il calcolo delle probabilità.

(3) Scienza delle arti industriali.

(4) Scienza delle miniere.

(5) Uso e allevamento degli animali.

(6) *Morale normativa* (94), che si oppone alla morale puramente descrittiva, qui indicata col nome di Etica.

(7) D'ordinario, questa scienza si chiama senz'altro Estetica.

(8) Storia delle religioni.

25. L' esatta simmetria, che questa classificazione stabilisce tra le sessantaquattro scienze cosmologiche e le sessantaquattro noologiche, la fa sembrare molto artifiziosa. E tale essa è realmente, almeno fino ad un certo punto. Lo stesso Ampère non condusse poi a termine l'esposizione delle scienze mentali. Ma non bisogna credere perciò che la sua opera di classificatore sia stata una semplice mostra d' ingegno: essa ha condotto invece a parecchie utili riforme e persino a varie scoperte. Tutto ciò che egli dice a guisa di commento nella sua *Filosofia delle scienze*, passando in rassegna i varii rami dello scibile, contiene degli studi interessanti e delle considerazioni molto profonde. Nessun scienziato, eccetto Bacone, possedette al pari di lui il talento di aprire alla scienza nuovi orizzonti; la qual cosa è di grandissima importanza. L' ostacolo più frequente al progredire della scienza consiste nel non sapere da qual parte indirizzarsi e in qual senso dirigere le proprie ricerche. L' idea di procedere a un esperimento ha, se giusta, maggior valore dell' esperimento stesso; un problema bene intavolato si può dir quasi risolto: « non s' ha altro a fare, diceva il Pascal, che girare la manovella ». Il più importante si è di aver delle idee, ancorchè sieno un po' troppo sistematiche; e in questo, l'Ampère occupa uno dei posti più eminenti.

26. Passando in rassegna i principali autori che si provarono a classificare le scienze, non si può lasciar da parte Herbert Spencer. Nel lavoro intitolato *Classificazione delle scienze*, i due primi capitoli del quale trattano infatti di questo argomento, lo Spencer critica severamente il sistema di Augusto Comte, e dichiara che « nè l' ordine di successione,

secondo il quale questo autore dispone le scienze, nè qualunque altro ordine che si volesse adottare, non rappresentano nè la loro indipendenza logica nè la loro dipendenza storica » (1). Lo Spencer si prova a riformare l'opera de' suoi antecessori e a suggerire una nuova classificazione delle scienze, proponendo tre quadri molto ramificati e complessi, ma per buona fortuna accompagnati da una tavola sinottica, che li riassume così (2):

La scienza è
- quella che tratta delle forme sotto le quali i fenomeni ci appariscono — scienza astratta: Logica, Matematiche
- quella che tratta dei fenomeni studiati in sè stessi
  - nei loro elementi — scienza astratto-concreta: Meccanica, Fisica, Chimica, ecc.
  - nel loro complesso — scienza concreta: Astronomia, Geologia, Biologia, Psicologia, Sociologia, ecc.

D'altra parte non bisogna dimenticare che questa classificazione, il cui merito più grande consiste nel nome del suo autore, è stata imaginata, più che altro, a scopo di polemica. H. Spencer si lagna continuamente che altri lo consideri a torto come un discepolo di Augusto Comte: laonde ha voluto, confutandolo, far prova della propria originalità. Tutto ciò che nel sistema del Comte è vero, dice egli in sostanza, non è nuovo, e tutto ciò che è nuovo, non lo credo vero. Su questo si può discutere; ma è certamente ingiustificabile l'asserzione dello Spencer che esistono delle scienze concrete, e non già concrete accidentalmente o relativamente, ma concrete in modo assoluto, biasimando il Comte d'aver sostenuto che in

(1) H. Spencer, *Classificazione delle scienze*, I, 1.
(2) *Ibidem*, I, 6.

ogni scienza si trova un elemento astratto e un elemento concreto:

« In luogo di ammettere che certe scienze sono interamente astratte e certe altre interamente concrete, il Comte sostiene che ogni scienza è in parte astratta, in parte concreta. Secondo lui, esiste una matematica astratta e una matematica concreta, una biologia astratta e una biologia concreta. » « Bisogna distinguere, dice il Comte, rispetto a tutti gli ordini dei fenomeni, due specie di scienze naturali: le une, astratte e generali, si propongono di scoprire le leggi che governano le varie classi dei fenomeni, prendendo a considerare tutti i casi imaginabili; le altre, concrete, particolari e descrittive, che talvolta s'indicano colla denominazione di scienze *naturali* in senso ristretto, consistono nell'*applicazione* di queste leggi alla storia effettiva dei varii esseri. » (1)

La frase di Augusto Comte, qui citata dallo Spencer, è, checchè egli ne dica, perfettamente giusta: ciò che è generale non può essere che astratto, e in tutte le scienze non si possono dire concrete se non le applicazioni [7]. « È una verità generale, continua lo Spencer, che i pianeti girano intorno al sole da ovest a est, verità di cui abbiamo sott' occhio degli esempi; ma questa verità non è punto astratta, poichè in ogni esempio essa si traduce per noi in un fenomeno concreto. Tutti gli uccelli e tutti i mammiferi hanno il sangue caldo: questa pure è una verità generale, ma concreta, poichè ciascun uccello vivente ci offre un tipo perfetto della sua specie, considerata come specie a sangue caldo. » Il calore del sangue di ciascun animale è cosa senza dubbio concreta, ma la formola generale che enuncia questa verità rimane

(1) H. SPENCER, *Classificazione delle scienze*, I.

pur sempre astratta, poichè in essa non si tien conto di nessuna delle particolari differenze che distinguono gli uni dagli altri gli animali di questa specie. Ogni legge ha delle applicazioni particolari e concrete che cadono sotto i nostri sensi; ma se ciò bastasse a rendere concreta la legge stessa, tutte quante le scienze dovrebbero dirsi concrete. Le matematiche sono astratte, secondo lo Spencer; e tuttavia, l'uguaglianza tra il lato e il raggio dell'esagono regolare non cade essa sotto i nostri sensi in ogni esagono che noi tracciamo? Ma si vorrà dire per questo che la geometria è una scienza concreta? No certamente. Bisognerà dunque ammettere che non lo sono neppure le altre scienze, a meno che per astratto non s'intenda ciò che è rigorosamente esatto, come sembra fare l'autore della *Classificazione delle scienze*. Ma ciò equivarrebbe allo svisare in modo al tutto arbitrario il senso d'un termine consacrato da un lungo uso, e che il Comte adopera ben più rettamente identificando, come fanno tutti gli scienziati e i logici, l'astratto colle leggi, e il concreto coi singoli oggetti, in cui le leggi si manifestano.

27. Dall'esame di tutte queste classificazioni si vede insomma che la scienza si divide in quattro grandi rami, sui quali tutti s'accordano, dissentendo solamente nelle suddivisioni: 1° le scienze matematiche; 2° le scienze fisiche e naturali, che si propongono di scoprire le leggi del mondo materiale organico e inorganico; 3° le scienze morali, che si occupano dei fenomeni e delle leggi del mondo spirituale, sia per conoscere quali sieno, sia per determinare quali debbano essere; finalmente 4° le scienze d'erudizione, che studiano non già delle leggi, ma dei fatti, e delle

quali la storia ci offre l'esempio più notevole. Queste scienze, considerate nell'ordine, in cui le abbiamo enumerate, vanno dal più astratto al più concreto, dall'intelligibile al sensibile, dalla ragione all'esperienza. Gli è appunto in quest'ordine che noi le studieremo, indicando per ciascuna di esse le suddivisioni di cui è suscettibile.

Vantaggi di una classificazione naturale dello scibile umano.

28. « I numerosi tentativi fatti insino ad ora per classificare le scienze dimostrano quanta importanza siasi attribuita a siffatta classificazione. Ho detto più sopra per quali ragioni questi tentativi non abbiano avuto che ben poco successo e non abbiano che ben poco contribuito a far progredire le scienze. Ma questo non accadrebbe certo d'una classificazione fondata sulla natura stessa delle cose e dell'intelligenza umana: essa presenterebbe al contrario molti vantaggi, alcuni dei quali si scorgono a prima vista.

« Ognun vede che una classificazione veramente naturale delle scienze dovrebbe servir di base per regolare convenientemente la divisione in classi ed in sezioni d'una società di scienziati che volessero dividersi tra di loro lo studio di tutto quanto lo scibile.

« Chi non vede parimente che il migliore ordinamento d'una grande biblioteca o la disposizione preferibile d'una bibliografia universale o anche d'un semplice catalogo di libri dipende ancora da una buona classificazione delle nostre cognizioni? Chi non comprende che a questa classificazione spetta altresì l'additare la miglior distribuzione delle materie d'insegnamento e la loro divisione in un certo numero di corsi, tanto per l'istruzione ordinaria che per le scuole superiori?

« E chi volesse comporre un'enciclopedia veramente metodica, dove tutti i rami dello scibile fossero collegati tra di loro anzichè dispersi in ordine alfabetico in un solo dizionario o in

parecchi, il disegno di siffatta opera si troverebbe bell'e tracciato in una classificazione naturale delle scienze. L'autore avrebbe il grandissimo vantaggio di poter evitare la confusione e le ripetizioni, e il lettore quello di trovarvi tutte le scienze graduate per modo, che egli non avrebbe mai bisogno, per comprendere la scienza che sta studiando, di ricorrere a qualcuna delle successive.

« Altri vantaggi si caverebbero poi da una classificazione delle scienze, forse meno evidenti, ma non meno reali. È noto quale sia stato, in generale, il processo di formazione delle scienze, che troppo spesso è dovuto al caso. Coloro che hanno tentato di raccogliere le verità riferentisi a una classe di oggetti, o non hanno saputo abbracciare tutta la classe o l'hanno oltrepassata, e raramente hanno pensato a cercare i rapporti tra le verità di cui si occupavano e il complesso dello scibile umano. Da ciò è derivato che i confini di moltissime scienze sono mal tracciati: per separare, a cagion d'esempio, l'algebra dall'aritmetica, non si è guardato che ad un carattere artificiale, cioè alla diversità dei segni che rappresentano le grandezze, invece di attenersi al carattere essenziale fondato sulla natura stessa delle operazioni, la qual natura non cambia realmente se non quando si giunge alle equazioni. Così la cristallografia fu a torto associata alla mineralogia, poichè la cristallografia concerne ugualmente tutti i corpi, siano opera della natura o dell'arte, che presentino forme determinate, ed è quindi una scienza geometrica e che non s'applica alla mineralogia (la quale è limitata ai corpi che la natura ci presenta già formati) se non come gli altri rami della matematica si applicano alle scienze fisiche e naturali. D'altra parte la stessa mineralogia, che per consuetudine si unisce alla botanica e alla zoologia sotto la denominazione di storia naturale, non deve in realtà essere considerata che qual parte della geologia, come dimostrerò a suo luogo; nelle scienze mediche, i limiti che ne separano le varie parti, sono stati fissati arbitrariamente e talvolta furono al tutto disconosciuti: si è giunti, per esempio, sino a fare della materia medica e della terapeutica una sola e medesima scienza, quasi che il conoscere le proprietà generali delle sostanze medi-

camentose fosse tutt' uno col saperle applicare alla cura delle malattie. Più grande ancora è la confusione nelle scienze filosofiche: le diverse denominazioni assegnate alle loro suddivisioni sono state prese in differenti significati, secondo i varii sistemi degli autori, di maniera che, per esempio, una scienza che, secondo alcuni filosofi, non è che parte d' un' altra, diviene, secondo altri, la scienza generale, a cui la prima è subordinata.

« Se la pubblica istruzione s' informasse ad una più naturale classificazione delle scienze, ciò contribuirebbe senza dubbio a renderla più metodica e persino più facile. Se io ho raggiunto lo scopo che mi son prefisso, colui che si proponesse di tenere un corso di lezioni sopra una parte qualsiasi delle cognizioni umane, o di esporla in un trattato, troverebbe nel modo, onde io ho diviso le scienze di primo ordine in scienze di secondo e di terz' ordine [24], una specie di programma già preparato per disporre nell' ordine più naturale le materie di cui dovrebbe trattare nelle sue lezioni o nel suo libro. Che se egli volesse abbracciare tutta quanta una delle scienze del primo ordine, vedrebbe che bisogna dividerla in tante parti quante scienze di secondo ordine essa contiene. Se al contrario volesse limitarsi a una scienza del secondo ordine, le scienze di terz'ordine, che essa racchiude, gli fornirebbero una divisione naturale del suo lavoro. E questa migliore distribuzione delle scienze sarebbe specialmente utile in quegli istituti di insegnamento superiore, nei quali le singole suddivisioni delle scienze sono affidate a singoli professori: così nulla si potrebbe omettere, e ogni corso sarebbe limitato dai suoi confini naturali.

« Questo io ho tentato di fare al Collegio di Francia nelle mie lezioni di Fisica, avendo scorta la necessità di spiegare quali rapporti congiungessero questa scienza con le scienze affini. Siffatti interessantissimi raffronti mi fecero procedere più in là e mi condussero a concepire il disegno di un corso di lezioni o d'un'opera speciale, di cui non offro qui che un abbozzo, ma che, se esistesse completa, non sarebbe certamente priva d'influenza sull'ulteriore progresso scientifico.

« Ora chi si interessasse a questo progresso e, senza avere

l'assurda pretesa di conoscere a fondo tutte quante le scienze, volesse tuttavia formarsi di ognuna d'esse un'idea bastevole a fargli comprendere lo scopo al quale mira, i fondamenti su cui s'appoggia, il grado di perfezione a cui è giunta e le grandi questioni che ancora rimangono insolute, per poter poi da tutte queste nozioni preliminari trarre un'idea esatta dei lavori attuali degli scienziati in ciascun ramo, delle grandi scoperte che si son fatte in questo secolo, di quelle che si potran fare in avvenire, ecc. ecc.; costui, dico, potrebbe soddisfare al suo desiderio ascoltando il corso di lezioni o leggendo il libro da me ideato.

« Egli potrebbe quindi, senza bisogno di studi speciali, seguire con interessamento le discussioni che sorgono tra le diverse scuole nella storia naturale, nella medicina, nella filosofia, nella letteratura, nella politica; comprendere, e, fino ad un certo punto, giudicare quanto si dice in una seduta accademica o si legge in un giornale o in un resoconto d'una società scientifica, e, avendo la fortuna di parlare con qualche luminare della scienza, potrebbe ritrarre maggior frutto dalla sua conversazione istruttiva e profonda. » (1)

Utilità della filosofia delle scienze.

29. « Quando le nostre cognizioni erano ancora in uno stato primitivo, tra i lavori intellettuali non esisteva alcuna divisione regolare; tutte le scienze erano coltivate simultaneamente da una sola persona. Questo sistema di studio, in sulle prime inevitabile e direm pure indispensabile, come si vedrà più sotto, subisce dei graduali cambiamenti man mano che l'orbita delle varie scienze si va allargando. In forza d'una legge evidentemente necessaria, ciascun ramo del sistema scientifico si distacca a poco a poco dal tronco quando è cresciuto tanto da comportare una cultura isolata, vale a dire quando è arrivato al punto di potere da lui solo occupare l'attività di singole

(1) AMPÈRE, *Filosofia delle scienze*, Introd. IV.

intelligenze. Gli è a questa ripartizione delle varie ricerche tra le varie classi di scienziati che noi andiamo debitori del grandissimo sviluppo a cui è giunto in questi tempi ciascun ordine delle cognizioni umane e che rende chiara l'impossibilità, per noi moderni, di quelle ricerche universali sui singoli punti scientifici, che negli antichi tempi erano così facili e così comuni....

« Ma, pur riconoscendo i prodigiosi effetti di questa divisione del lavoro, pur ravvisando ormai in essa la vera base fondamentale, sulla quale deve organizzarsi il movimento scientifico, ci è impossibile d'altra parte non restare impressionati dai gravissimi inconvenienti a cui essa dà luogo nel suo stato attuale, mediante l'eccessiva specializzazione delle idee, con che rimane enormemente ristretto il campo in cui s'esercitano le singole intelligenze. Questo deplorevole effetto è, sino ad un certo punto, inevitabile, perchè inerente al principio stesso della divisione; e in questo noi resteremo sempre al di sotto degli antichi, i quali potevano abbracciare tanta maggior parte dello scibile quanto minore era lo sviluppo delle loro cognizioni. Tuttavia non è impossibile, a parer mio, ovviare, usando convenienti mezzi, ai dannosissimi effetti d'una specializzazione esagerata, senza nuocere al vantaggio che si ritrae dalle ricerche particolari. Ed è cosa urgente l'occuparsene sul serio, poichè questi inconvenienti, che per loro natura tendono a crescere sempre più, incominciano a recar danni di non poco momento. Tutti convengono che le divisioni stabilite tra i varii rami della filosofia naturale per poter condurre i nostri lavori a maggior perfezione, sono, in fondo, artificiali. Tuttavia non bisogna dimenticare che tra gli scienziati è ben piccolo il numero di quelli che abbracciano con la loro intelligenza il complesso di tutta una scienza, la quale alla sua volta non è che piccola parte di un gran tutto. I più si limitano ormai a considerare una sezione isolata e più o meno estesa d'una data scienza, senza molto occuparsi dei vincoli che uniscono questi lavori speciali al sistema generale dello scibile.....

30. « Il miglior mezzo per neutralizzare questa influenza de-

leteria che sembra minacciare l'avvenire intellettuale in conseguenza d'una troppo grande specializzazione delle ricerche individuali, non è certo il ritorno all'antica confusione dei lavori, che finirebbe per far indietreggiare l'intelligenza umana, e che d'altronde ora è per fortuna divenuto impossibile. Il mezzo consiste al contrario nel perfezionare la divisione stessa del lavoro, convertendo lo studio delle generalità scientifiche in una nuova grande specialità. Per ciò fare occorre che una nuova categoria di scienziati forniti di una conveniente preparazione, senza occuparsi di studiare nessun ramo speciale della filosofia naturale, ma considerando unicamente le diverse scienze nel loro stato attuale, cerchi di *determinare esattamente lo spirito di ciascuna scienza*, di scoprire *le loro relazioni e i legami vicendevoli*, e di riassumere, quando possa, tutti i principii proprii a ciascuna in un numero minore di *principii comuni a tutte*, sempre conformandosi alle massime fondamentali del metodo positivo. Nello stesso tempo è d'uopo che gli altri scienziati, prima di darsi alle rispettive specialità, si siano già posti in grado, mediante un'educazione in cui si studii il complesso delle cognizioni positive, di trar subito profitto dai risultamenti ottenuti da quei colleghi che si occupano dello studio delle generalità, e di controllare alla lor volta i detti risultamenti; al che gli odierni scienziati vanno manifestamente sempre più avvicinandosi. Una volta che queste due grandi condizioni sieno soddisfatte — e non v'ha dubbio che lo possono essere —, la divisione del lavoro nelle scienze sarà spinta senza pericolo tanto avanti quanto lo esigerà lo sviluppo dei varii ordini di cognizioni. Quando una particolare categoria di scienziati, perpetuamente controllata dalle altre, avrà per funzione sua particolare e permanente di collegare ogni nuova scoperta al sistema generale, non si potrà più temere che una troppo grande attenzione consacrata ai particolari impedisca di scorgere il complesso delle scienze. Insomma, l'organizzazione moderna dell'indagine scientifica avrà allora il suo perfetto fondamento, e non dovrà far altro che attendere a svilupparsi indefinitamente, conservando sempre il medesimo carattere.

« Il trasformare così lo studio delle generalità scientifiche

in una sezione autonoma del grande lavoro intellettuale, altro non è che estendere l'applicazione di quel principio stesso di divisione, che successivamente separò i varii specialisti: infatti, finchè le diverse scienze positive hanno avuto poco sviluppo, le loro vicendevoli relazioni non potevano avere sufficiente importanza per dar luogo, almeno in guisa permanente, ad una speciale categoria di lavoro, mentre la necessità di questo nuovo studio presentavasi come poco urgente. Ora invece ciascuna scienza ha preso per sè stessa bastevole estensione perchè lo studio dei loro vicendevoli rapporti possa ammettere un lavoro continuato, ed essere indispensabile per impedire la dispersione del pensiero umano. » (1)

---

(1) A. Comte, *Corso di filosofia positiva*, Lez. I.

CAPITOLO III.

LE SCIENZE MATEMATICHE.

Loro posto nella classificazione delle scienze. — Definizione e divisione. — Matematiche pure: aritmologia, geometria. — Scienze fisico-matematiche: meccanica, astronomia; calcolo delle probabilità. — Degli algoritmi. — Dei principii della geometria analitica. — Dei principii del calcolo infinitesimale. — Assiomi, definizioni e dimostrazioni; regola di Pascal. — Analisi e sintesi matematica.

31. « La serie delle umane cognizioni deve incominciare dalle scienze matematiche perchè queste scienze esigono come punto di partenza ed hanno per oggetto, in confronto colle altre, un minor numero di idee. Oltre a ciò, le verità, da cui sono costituite, si possono studiare senza ricorrere ad altri rami dello scibile; anzi gli altri rami dello scibile traggono dalle matematiche molti aiuti, per es., i teoremi e i calcoli, sui quali si fondano le scienze fisiche e industriali; la misurazione dei terreni e il calendario, tanto necessarii all'agricoltura; la determinazione esatta dei gradi di probabilità per quelle tra le nostre cognizioni che non sono suscettibili di una certezza compiuta, e gli esempi più caratteristici della differenza dei metodi, l'esame dei quali spetta alla filosofia; la determinazione dei luoghi e dei tempi, base della geografia e della storia. Anche nelle scienze politiche l'applicazione delle matematiche è frequente; nel qual proposito basti il ricordare quanti indispensabili aiuti esse prestino a tutte le parti dell'arte della guerra. » (1)

32. « Le scienze matematiche vanno debitrici della loro grande certezza alla somma semplicità del loro oggetto. Biso-

(1) Ampère, *Filosofia delle scienze*, I, 1.

gna tuttavia riconoscere che, siccome tutte le parti delle matematiche non hanno un oggetto ugualmente semplice, quella certezza propriamente detta che è fondata su principii necessariamente veri e per sè stessi evidenti, non appartiene nè in pari grado nè nello stesso modo a tutte le dette parti. A parlar propriamente, le parti delle matematiche, alle quali si può attribuire una perfetta evidenza, si limitano a quelle che trattano il calcolo delle grandezze e le proprietà generali dell'estensione, vale a dire all'Algebra, alla Geometria e alla Meccanica; e anche tra le cognizioni, che queste scienze presentano alla nostra mente, si può osservare una certa gradazione. Quanto più l'oggetto della scienza è semplice e considerato in modo generale e astratto, tanto più i principii di essa scienza son chiari: perciò la Geometria è più semplice della Meccanica, ma meno semplice dell'Algebra. Ciò potrà sembrare un paradosso a coloro che non hanno studiato le dette scienze col sussidio della filosofia; eppure è innegabile che le nozioni più astratte, cioè quelle che la maggior parte degli uomini crede le più inaccessibili, sono spesso quelle che portano con sè maggior lume di certezza. Le nostre idee divengono tanto più oscure quanto maggiore è il numero delle proprietà sensibili che noi prendiamo a considerare in un oggetto. L'impenetrabilità aggiunta all'estensione, costituisce per noi un mistero aggiunto ad un altro mistero; la natura del moto è un enigma pei fisici, che nulla sanno neppure sul principio metafisico delle leggi che governano la percussione: insomma più essi tentano di penetrare al fondo dell'idea, che essi si formano della materia e delle sue proprietà, più questa idea si oscura e sembra voler sfuggire alle loro ricerche. » (1)

33. Quantunque la parola *matematiche* abbia per sè un significato abbastanza preciso, pure è necessario, a ben comprendere l'oggetto di questa scienza, enumerare le parti che la compongono.

---

(1) D'ALEMBERT (1717-1783), *Prefazione all'Enciclopedia*, 44.

Anzitutto si distinguono in essa due rami principali: le scienze matematiche propriamente dette, e le scienze fisico-matematiche, come la meccanica e l'astronomia. Incomincieremo coll'occuparci delle prime.

Nelle matematiche propriamente dette bisogna fare una nuova distinzione. Un primo gruppo, che l'Ampère chiama *Aritmologia*, abbraccia quelle parti delle matematiche, nelle quali non si considerano che le idee di quantità, di numero o di rapporto, senza supporle in alcun oggetto particolare e senza riferirsi minimamente alle nozioni di forma o di grandezza concreta. In ogni tempo esistettero frammenti di questa scienza; ma Cartesio fu il primo che la riconobbe come una scienza indipendente e che ne comprese tutta l'estensione. Un secondo gruppo, da tutti conosciuto sotto il nome di *Geometria*, aggiunge invece ai concetti, di cui fanno uso le matematiche pure, la nozione dello spazio e delle forme con tutte le proprietà a cui dànno origine.

34. *a. Aritmologia.* Se prendiamo anzitutto a considerare l'idea di unità e la proprietà che essa possiede di poter essere aggiunta a sè stessa, noi otterremo una serie di quantità determinate da questa successiva addizione, la qual serie chiamasi la serie dei numeri. Questa serie è illimitata, poichè l'operazione mediante la quale formiamo un nuovo numero, cioè l'aggiunta di un'unità, è sempre identica a sè stessa. — È altresì chiaro che la serie dei numeri è discontinua, poichè si passa senza transizione da 2 a 3, da 3 a 4 e via dicendo. Certamente il salto può essere rimpiccolito quanto si vuole, prendendo delle unità sempre più piccole, il che accade

coi numeri frazionarii, ma, per piccolo che sia, il salto vi è pur sempre, e non potrebbe scomparire se non nel caso che l'unità su cui si opera fosse nulla, il che è contro l'ipotesi (1).

Lo studio dei numeri e delle loro proprietà è l'oggetto dell'*Aritmetica*.

35. Il vantaggio dell'aritmetica, rispetto agli oggetti concreti ai quali essa si applica, consiste nella sua *indeterminatezza*. Il numero 5, per esempio, può rappresentare o cinque uomini o cinque cavalli o cinque case, e l'operazione $5 \times 6 = 30$ s'applica sempre, qualunque sieno le quantità concrete espresse dai numeri 5 e 6.

Se si dà ai numeri quella indeterminatezza che i numeri dànno alle quantità concrete, si ottiene una seconda scienza matematica chiamata *Algebra*. Invece di considerare il valore particolare dei numeri, sostituiamo ai numeri delle lettere che possano indifferentemente significare 1, 2, 3, 4, 5 ecc. Avremo così quelle espressioni che si dicono formole, nelle quali tutti i valori sono indeterminati, e che non esprimono se non i rapporti in cui si trovano tra di loro i valori stessi. Così:

$$(a+b)^2 = a^2 + b^2 + 2ab$$

comprende i casi particolari dei quadrati di $(2+3)$, $(10+5)$, $(40+50)$ e di quanti altri se ne possono scrivere. Mediante la sua indeterminatezza, l'algebra semplifica e generalizza le operazioni dell'aritmetica, rendendo così possibile la soluzione di molti problemi

(1) Giova osservare che qualunque sia la grandezza dell'unità, la natura di tutte le unità aritmetiche è sempre identica. (N. R.)

che non si potrebbero trattare considerando solamente i numeri concreti.

Ma non è questo il più alto grado d'indeterminatezza, e per conseguenza di generalizzazione, al quale si possa arrivare. Consideriamo le formole seguenti:

$$y = a + x\,,\quad y = ax\,,\quad y = x^a\,.$$

In tutte queste formole, y è legato a x per modo che, variando x, anche y varierà in modo perfettamente determinato, ma diverso a seconda dei casi. Non tenendo conto che di questa proprietà generale e non occupandoci di ricercare quale esatto rapporto abbiano tra loro le variazioni di queste due quantità, noi diremo che, considerando x, che chiameremo una variabile indipendente, come tale che possa assumere tutti i valori possibili, ad ognuno di questi valori dovrà corrispondere un valore determinato di y. E questa proprietà generale la indicheremo così:

$$y = f(x),$$

notazione proposta dal Lagrange, la quale si enuncia dicendo che y è una *funzione* di x. — Lo studio delle funzioni è la parte più elevata delle matematiche pure, come quello che si limita a considerare un rapporto tra due variabili, senza occuparsi di misurarlo. Gli è partendo da questo punto di vista (1) che alla teoria delle funzioni si dà solitamente il nome di matematica superiore, in confronto dell'aritmetica e dell'algebra,

---

(1) Mi esprimo così perchè i problemi più semplici dell'algebra elementare, e quelli altresì dell'aritmetica si possono considerare come problemi di funzioni, una volta che sia stato bene afferrato il senso di questa idea generale che domina tutte le matematiche; e, teoricamente parlando, il considerarla in questo modo aiuta molto a capire, nel suo complesso, la natura e lo sviluppo delle scienze matematiche e specialmente i rapporti che le congiungono alla scienza della natura concreta.

che formano la matematica elementare. Il principal problema del calcolo delle funzioni può enunciarsi così: « Dati i rapporti che legano tra di loro delle quantità varianti simultaneamente, trovare quali sieno i rapporti tra queste stesse quantità e il limite del rapporto dei rispettivi accrescimenti; e viceversa, se si conoscono questi ultimi rapporti, risalire a quelli delle variabili primitive. » (1)

36. *b. Geometria.* Solitamente la geometria si definisce la scienza delle proprietà dell'estensione; e siccome la parola estensione altro non vuol dire che una parte limitata dello spazio, la geometria è insomma la scienza delle forme o delle figure che si possono tracciare nello spazio.

Potrebbesi anche dire con Augusto Comte che la geometria ha per oggetto la misura indiretta delle grandezze.

Infatti misurare vuol dire trasportare, sia idealmente, sia in modo concreto, sulla figura della quale si vogliono conoscere le dimensioni, una unità della stessa sua specie. Ora esistono delle quantità che non si prestano a siffatta operazione, p. e. le linee e le superficie curve. Una sfera che abbia un metro di raggio non può servire a misurare la superficie o il volume d'una sfera più grande. Bisogna dunque ricorrere ad un sistema di misurazione indiretta. Al che si perviene notando che in ogni figura gli elementi di cui essa è composta sono collegati tra di loro da rapporti necessarii, per modo che, se si conoscono alcuni di questi rapporti, ciò basta a determinare esattamente tutti gli altri: la scienza di questi rapporti costituisce dunque

(1) AMPÈRE, *Filosofia delle scienze*, I, 3.

la geometria (1). È chiaro che questa definizione, sebbene un po' più complicata della consueta, le equivale perfettamente, poichè la geometria finisce sempre per essere la scienza dei rapporti necessarii che passano tra i varii elementi delle figure estese.

Chiamasi geometria pura quella che opera direttamente sulle figure mediante sovrapposizioni, spostamenti e uguaglianze, senza punto giovarsi dei teoremi e delle formole dell'algebra. È questo il metodo di ragionare e di dimostrare usato dagli antichi, metodo che s'adopera anche al presente in tutti i trattati di geometria elementare (2). Per maggiore semplicità, in questo metodo si prendono dapprima a considerare le figure a due dimensioni (geometria piana), poi le figure a tre dimensioni o solide (geometria nello spazio). Tuttavia questa divisione, assai comoda per ordinare un trattato didattico, non vuolsi considerare come essenziale alla scienza, poichè tanto nell'uno quanto nell'altro caso il metodo e la natura delle questioni che si studiano, rimangono identici (3).

Si fa uso invece di un metodo al tutto diverso

---

(1) Augusto Comte estende questa definizione a tutta la matematica, dicendo che il principale suo cómpito è la misura indiretta dei valori. « Tutti i calcoli matematici consistono nella risoluzione di alcuni valori sconosciuti o ricercati in altri conosciuti o dati; tra questi ultimi e i primi vi deve essere una relazione o reale o supposta ». A. Comte, *Corso di Filosofia positiva*, I, 7. (N. R.)

(2) Il metodo, di cui qui si parla, è d'uso generale nelle scuole, e dicesi ordinariamente metodo *Euclideo*. (N. R.)

(3) Alla geometria pura nello spazio si connette la *geometria descrittiva*, ossia l'arte di rappresentare delle figure solide mediante le loro proiezioni sopra due piani perpendicolari. Essa non è dunque se non un'applicazione della teoria delle proiezioni, e non ci sarebbe ragione di farne una scienza separata, se non fosse la grandissima utilità che ne traggono le applicazioni pratiche (taglio delle pietre, architettura, macchine, ecc.).

quando si passa dalla geometria pura alla geometria analitica. Questa scienza, di cui più avanti esamineremo dettagliatamente il principio e il meccanismo, [46], consiste in sostanza nell' abbandonare la considerazione diretta delle figure sostituendo loro delle semplici espressioni algebriche. La geometria analitica è pertanto lo studio dei rapporti che corrono tra l' algebra e la geometria, e specialmente del fatto che le funzioni possono essere rappresentate mediante linee curve e le linee curve mediante funzioni. Perciò il calcolo delle funzioni ha così stretta relazione colla geometria superiore, che nelle opere speciali queste due scienze trovansi quasi sempre trattate assieme. (1)

37. La seconda parte delle matematiche consta di quelle scienze che si chiamano scienze fisico-matematiche, poichè a formarle concorrono elementi e di matematica pura e di fisica. A dir vero, si potrebbero comprendere in questa classe tutte le parti della fisica che sono più progredite, come la termodinamica e l'ottica geometrica, e quindi v'entrerà anche tutta quanta la fisica quando avrà raggiunto un bastante sviluppo; ma, allo stato attuale della scienza, la denominazione di scienza fisico-matematica s' applica in particolare alla meccanica, la quale, alle nozioni su cui ragionano l' algebra e la geometria, aggiunge le idee di forza, di massa e di velocità, che sono a lei proprie. La Meccanica è stata divisa dall'Ampère in Cinematica, Statica, Dinamica e Meccanica molecolare.

(1) La trigonometria può esser considerata come ramo della geometria analitica, presentando essa il carattere essenziale d' una applicazione dell' algebra alla geometria, e originando inoltre parecchie delle funzioni che si chiamano trascendenti.

« La cinematica deve comprendere tutto quanto si può dire intorno alle diverse specie del moto, prescindendo dalle forze che lo possono produrre. Essa deve dapprima occuparsi di tutte le considerazioni che riguardano gli spazii percorsi nei differenti moti, i tempi impiegati a percorrerli, la determinazione delle velocità secondo i rapporti che possono esistere tra gli spazii e i tempi. Deve poi studiare i varii stromenti che servono a cambiare un moto in un moto diverso; così che, comprendendo, come è uso, questi stromenti sotto il nome di *macchine*, non bisognerà definire la macchina, come solitamente si fa, « uno strumento per mezzo del quale si può cambiare la direzione e l'intensità d'una data forza », bensì: « uno stromento per mezzo del quale si può cambiare la direzione e la velocità d'un dato movimento. » Così si rende la definizione indipendente dalla considerazione delle forze che agiscono sulla macchina, considerazione che può distrarre l'attenzione di chi cerca comprenderne il meccanismo. Per farsi un'idea netta, a cagion d'esempio, dell'ingranaggio mediante il quale l'indice dei minuti d'un orologio fa 12 giri, mentre quello delle ore ne fa uno, c'è forse bisogno di considerare la forza che mette l'orologio in movimento? L'effetto dell'ingranaggio non resta forse il medesimo, anche quando non è dovuto all'azione della solita molla, cioè quando, per es., si fan girare gli indici colla chiave o colle dita?....

« Alla cinematica deve tener dietro la scienza che tratta invece delle forze prescindendo dal moto (1), e che io, seguendo l'uso universalmente accettato, designerò sotto il nome di *statica*. La statica non deve venire che dopo la cinematica, perchè l'osservazione diretta ci fornisce anzitutto l'idea del movimento, mentre noi non vediamo le forze che lo cagionano, e non possiamo che indurre la loro esistenza da quella dei movimenti osservati. D'altra parte è opportuno che i rapporti delle velocità virtuali (2) sieno già stati calcolati nella cine-

(1) Che tratta cioè dell'equilibrio delle forze, della loro composizione, ecc.

(2) Se noi supponiamo diversi punti tra di loro collegati meccanicamente, e in istato di riposo, si chiamano *velocità virtuali* di questi punti le diverse velocità che assumerebbero in conseguenza del collegamento

matica, perchè la statica possa giovarsene a determinare le condizioni d'equilibrio di un dato sistema di forze.

« Dopo che la cinematica ha studiato i movimenti prescindendo dalle forze che ne son causa, e dopo che la statica ha trattato delle forze prescindendo dai movimenti, resta che le forze e i movimenti si considerino simultaneamente, si confrontino tra di loro, e da questo confronto si deducano le *leggi generali del movimento*, secondo le quali, dati i movimenti, si possano calcolare le forze capaci di produrli, oppure determinare i movimenti, conosciute che sieno le forze. Questi due problemi generali, e le leggi a cui abbiamo accennato, costituiscono una scienza, a cui si dà il nome di *dinamica*, che io pure accetto. » (1)

38. Per quanto molteplici sieno le applicazioni della meccanica, una ve n'ha che tutte le oltrepassa per l'ampiezza e l'importanza del suo oggetto: è questa la meccanica celeste o astronomia (2). Infatti la lontananza e la piccolezza apparente degli astri non ci permettono di considerare in essi, almeno fino al presente, altro che le loro masse e i loro movimenti, vale a dire le loro proprietà esclusivamente meccaniche (3). In questo studio il calcolo sostiene dunque una parte preponderante, ma tuttavia non superiore a quella

---

meccanico, se il sistema entrasse in movimento. Così un cerchio non può evidentemente girare senza che ciascuno dei suoi punti assuma una velocità proporzionale alla sua distanza dal centro.

(1) Ampère, *Filosofia delle scienze*, I, 3.

(2) Il termine *cosmografia*, spesso usato negli scritti elementari, non indica una scienza speciale, ma solamente il complesso dei principii più semplici e più necessarii dell'astronomia.

(3) Queste espressioni dell'A. ci sembrano troppo recise: l'astronomia moderna indaga anche la fisica costituzione del cielo e la sua chimica composizione. In questi ultimi tempi, la scoperta dell'analisi spettrale e i progressi della fisica diedero persino origine ad un nuovo ramo dell'Astronomia, detto l'Astrofisica, nella quale si fecero notevoli progressi. — Rimane però sempre incontestabile che i fenomeni meccanici costituiscono la parte di gran lunga maggiore della scienza astronomica. (N. R.)

che ha nelle parti più progredite della fisica [12]. Ciò dipende specialmente dallo scarso grado di perfezione delle matematiche confrontato con la difficoltà dei problemi che l'astronomia ci presenta. A cagion d'esempio, il problema detto dei *tre corpi* (1), che è tuttavia uno dei più semplici, non fu ancora matematicamente risolto. Da questo stato di cose risulta che l'astronomia rimane ancora, in molti suoi punti, una scienza d'osservazione e d'esperienza: non potendo prevedere i fenomeni col dedurli dalle loro formole, essa si accontenta di prender nota degli effetti, per giunger poi a scoprire le leggi; e con ciò essa si separa dalle matematiche per rientrare nella categoria e nel metodo delle altre scienze naturali.

Calcolo delle probabilità.

39. L'Ampère ascrisse alle matematiche pure un ramo del calcolo, che gli antichi matematici hanno denominato *ars coniectandi*, ovvero analisi dei rischi, e che noi ora diciamo calcolo delle probabilità. Le considerazioni di natura al tutto fisica che servono di base a questa scienza, bastano per poterla annoverare di preferenza tra le scienze fisico-matematiche, il che appunto ha fatto il d'Alembert. Infatti uno dei più celebri geometri che siensi occupati di questa materia, ne riassume i principii come segue:

« Nell'investigazione dei fatti reali, il supremo principio che regola la ragione umana si è che nessun fenomeno o av-

(1) Dati tre corpi (p. es., il sole, la luna e la terra), di cui si conoscono, a un momento determinato, le masse, le velocità e le direzioni, e che, per ipotesi, non subiscono altra forza che la loro attrazione reciproca, calcolarne le traiettorie.

venimento qualsiasi può aver luogo senza causa [150]. Spesso noi non riusciamo a scoprire la causa d'un fenomeno, o pigliamo per causa ciò che non lo è; ma nè l'impotenza nostra nè gli errori in cui possiamo cadere debbono scuotere la nostra fiducia in un principio che ci si presenta come assoluto e necessario.

« Da un effetto noi risaliamo alla sua causa immediata; questa causa viene alla sua volta concepita come effetto, e via dicendo, senza che l'intelligenza scorga qualche cosa che possa limitare questa legge di regressione nell'ordine dei fenomeni. L'effetto attuale diviene o può divenire alla sua volta causa d'un effetto susseguente, formando un'altra serie illimitata. Questa catena infinita di cause e di effetti collegati nell'ordine del tempo, catena di cui il fenomeno attuale forma un anello, costituisce una serie lineare di fenomeni. Infinite di queste serie possono coesistere nel tempo, e possono incrociarsi, di maniera che un fenomeno, a produrre il quale hanno cooperato parecchi fenomeni, appartenga come effetto a parecchie serie distinte di cause generatrici o generi alla sua volta parecchie serie di effetti che, al di là del termine iniziale, resteranno perfettamente separate. Possiam farci un'idea abbastanza chiara di questo incrociarsi e isolarsi delle catene, considerando le generazioni umane. Un uomo appartiene, per via del padre e della madre, a due serie di ascendenti, e, nell'ordine ascendente, la serie paterna e la serie materna si biforcano ad ogni generazione. Egli può alla sua volta divenire l'origine comune di più linee discendenti, che, uscite da uno stipite comune, non s'incrocieranno più, o s'incrocieranno solo per caso mediante matrimonii tra parenti. Nel corso del tempo ogni famiglia, ossia ogni ramo genealogico, contrae delle affinità con molte altre; ma altri rami, e ben più numerosi, si propagano collateralmente rimanendo perfettamente distinti e isolati gli uni dagli altri; o, se hanno un'origine comune, l'autenticità di questa origine non si fonda sopra basi scientifiche o su prove storiche.

« Ogni generazione umana non dà luogo, nell'ordine ascendente, che a una divisione bifida; ma allorchè si tratta d'altre

cause o d'altri effetti, si comprende come sia possibile l'esistenza di un molto maggior numero di divisioni tanto nell'ordine regressivo che nel progressivo. Un dato fenomeno può essere concepito come derivante da una quantità di cause diverse; e sembra persino conforme al disegno generale della natura il passare, nella più parte dei casi, dalla discontinuità alla continuità, facendo crescere all'infinito il numero delle cause che concorrono a produrre un fenomeno. Allora i fasci di linee convergenti, sotto la cui figura l'imaginazione si rappresenta la concatenazione dei fenomeni nell'ordine della causalità, ci appaiono come fasci di raggi luminosi, come masse che penetrano l'una nell'altra, divergono e si concentrano, senza che nel loro tessuto vi sia soluzione di continuità.

« Ma, sia che il numero delle cause generatrici d'un dato fenomeno debba risguardarsi come finito o come infinito, gli è un principio di senso comune che vi sono serie di fenomeni *solidali*, cioè dipendenti le une dalle altre, e serie che si sviluppano parallelamente o successivamente senza che vi sia tra di loro alcuna dipendenza o solidarietà.

« Nessuno crederà sul serio che chi batte la terra del piede, disturbi coloro che navigano ai suoi antipodi o faccia tremare il sistema dei satelliti di Giove. Anche ammettendo in teoria l'esistenza di siffatte perturbazioni prodotte da tali cause, bisogna pur riconoscere che sono perturbazioni per noi inapprezzabili, di cui non possiamo in alcun modo seguire la traccia nei fenomeni, o, in altri termini, che questa pretesa solidarietà non si manifesta con alcun segno sensibile e che, nell'ordine dei fatti osservabili, gli è come se essa non esistesse.

40. « Gli avvenimenti prodotti dalla combinazione o dall'incontro di fenomeni che appartengono a serie indipendenti nell'ordine della causalità, chiamansi avvenimenti *fortuiti*, ovvero *opere del caso*.

« Un uomo, sorpreso dal temporale, si ricovera sotto un albero isolato, e quivi è colpito dal fulmine. Questa disgrazia non è puramente fortuita, poichè la fisica ci insegna che il fluido elettrico tende a scaricarsi sulle cime degli alberi e

in generale su tutte le punte. V'era una ragione per cui l'uomo, che non sapeva i principii della fisica, scegliesse l'albero quale suo ricovero, e c'era una ragione perchè il fulmine andasse a cadere appunto colà. All'incontro, se l'uomo fosse stato colpito in mezzo a un prato o a un bosco, la cosa sarebbe stata fortuita, non essendovi legame alcuno tra le cagioni che hanno fatto andar l'uomo in quel punto e quelle che vi han fatto cadere il fulmine.

« Un uomo che non sa leggere, prende ad uno ad uno dei caratteri tipografici ammucchiati a caso: questi caratteri, nell'ordine in cui li ha presi, formano la parola *Alessandro*. È questa una cosa fortuita, un'opera del caso, non essendovi relazione tra le cause che hanno guidato la mano dell'uomo e quelle che hanno posto il nome di Alessandro a un famoso conquistatore, che appresso lo hanno applicato ad altri personaggi storici, e che l'hanno cambiato finalmente in un prenome comunissimo nella nostra nazione.

« Gli esempi che abbiam citati, sono rari e sorprendenti; ma non è questa la ragione per cui si debbono dire opere del caso. Al contrario (come spiegheremo dopo, e come già si sarà capito da quanto è stato detto nel cap. precedente) essi sono rari perchè il caso li produce a preferenza di molti altri, che sarebbero stati prodotti da altre combinazioni, e ci sorprendono perchè son rari. Quando un uomo che ha gli occhi bendati, cava delle pallottole da un'urna che contiene un egual numero di pallottole bianche e nere, l'estrazione d'una pallottola bianca non ha nulla di raro nè di meraviglioso più che l'estrazione d'una pallottola nera; e tuttavia tanto l'uno che l'altro fatto è risguardato a ragione come opera del caso, essendo manifesto che non vi è legame alcuno tra le cause che fecero cadere la mano dell'operatore su questa piuttostochè su quella pallottola, e il colore delle pallottole stesse.

41. « La teoria dei rischi o delle probabilità matematiche s'applica a due ordini di questioni ben distinte: a questioni di *possibilità*, che sono di natura oggettiva, e a questioni di *probabilità* che sono relative, in parte alle nostre cognizioni,

in parte alla nostra ignoranza (1). Quando noi diciamo che la probabilità di fare un *doppio sei* al gioco del *trictrac* è di $^1/_{36}$,

(1) Per meglio spiegare il passo della celebre opera del Cournot, *Théorie des chances et des probabilités*, citato in questo paragrafo, crediamo utile di riportare la seguente osservazione tratta da un manuale elementare dei calcoli delle probabilità del matematico francese Lacroix: *Traité élémentaire du calcul des probabilités*. « Chiamasi probabilità matematica di un avvenimento il rapporto esistente fra il numero dei casi favorevoli a questo avvenimento e il numero di tutti gli altri casi possibili: laonde tutti questi casi devono essere ugualmente possibili.

Prendiamo un paio di dadi da giocare, in forma di cubi geometricamente regolari e affatto uguali: in queste condizioni, non si può ammettere che, gettando i dadi nel modo consueto, i dadi caschino su una faccia piuttosto che su un'altra; in altri termini: i casi di caduta di ogni dado sono ugualmente possibili.

Ogni faccia dei dadi è segnata con numeri (dall'uno al sei compreso), e tutt'e due i dadi si gettano nel medesimo tempo: è chiaro che ogni faccia di uno dei dadi può cadere con ogni faccia dell'altro dado: si avrebbero così 36 casi possibili di combinazione di numeri a due a due. Indicando l'un dei dadi colla lettera A e l'altro con B, possiamo comporre la seguente tabella dei 36 casi possibili:

A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
1	1	2	1	3	1	4	1	5	1	6	1
1	2	2	2	3	2	4	2	5	2	6	2
1	3	2	3	3	3	4	3	5	3	6	3
1	4	2	4	3	4	4	4	5	4	6	4
1	5	2	5	3	5	4	5	5	5	6	5
1	6	2	6	3	6	4	6	5	6	6	6

Come si disse, tutte le combinazioni di questa tabella sono ugualmente probabili: così l'avere il numero 5 sul dado A e il 2 sul dado B, è ugualmente probabile che l'avere 6 e 6 su tutti e due i dadi. Ma se noi consideriamo la sortita dei numeri 2 e 5 indipendentemente dal dado, sul quale possono comparire, allora la probabilità di sortita di questa combinazione si distinguerà dalla probabilità di sortita dell'altra combinazione 6 e 6 per questo, che la prima combinazione si avrà tanto con 5-2 che con 2-5, mentre la combinazione 6 e 6 resterà limitata a una sola volta fra le 36 coppie di numeri. In questo modo, la probabilità matematica di sortita dei numeri 5 e 2 (ritenendo indifferente che ciascun d'essi appaia sul dado A o sul dado B), sarebbe di $^2/_{36}$, ossia di $^1/_{18}$, mentre pei numeri 6 e 6 è solo di $^1/_{36}$.

Se noi ci interessassimo della sortita non dell'uno o dell'altro numero separato, ma della sortita, su tutt'e due i dadi, di numeri tali, che la loro somma corrispondesse ad una quantità desiderata, allora la probabilità di

noi possiamo avere in vista un giudizio di possibilità, e allora vogliam dire che, se i dadi sono perfettamente regolari, cubici e omogenei, di maniera che non vi sia nessuna ragione dipendente dalla loro fisica struttura perchè cadano sopra un lato piuttosto che sopra un altro, il numero dei doppii sei che compariranno dopo una quantità di tratti abbastanza grande eseguiti da un impulso che sia affatto indipendente dai numeri inscritti sulle faccie dei dadi, sarà approssimativamente $^1/_{36}$ del numero totale (1). Ma noi possiamo anche avere in vista un giudizio di semplice probabilità, e, senza curarci di sapere se la struttura dei dadi sia regolare o no, basterà che noi ignoriamo in qual senso agiscano le irregolarità — dato che esistano — per non avere alcuna ragione di supporre che i dadi presenteranno una faccia piuttosto che un' altra. In queste circostanze

---

avere questa somma sarebbe, per le differenti quantità, affatto diversa. Così per esempio il numero 2 si potrebbe avere in un modo solo, cioè colla sortita dei numeri 1-1, mentre il numero 7 si potrebbe invece avere nei sei seguenti modi:

1-6, 6-1, 2-5, 5-2, 3-4, 4-3; per cui la probabilità della sortita del numero 2 sarebbe solo di $^1/_{36}$, mentre pel 7 si eleverebbe a $^6/_{36}$, cioè a $^1/_6$.

Dalla definizione data della probabilità matematica, risulta che essa è sempre una frazione, vale a dire un numero di parti dell'unità, alla quale questa probabilità s' avvicina tanto più quanto maggiore è il numero dei casi favorevoli all' avvenimento in confronto dei casi possibili. Questa frazione potrebbe cambiarsi nell' unità solo quando non esistesse nessun caso sfavorevole all'aspettato avvenimento; ecco perchè l' unità si considera come il simbolo della certezza. » (Lacroix, *Traité élémentaire du calcul des probabilités*, Edit. 1864, 8-42.) Il rinomato matematico russo Buniakowski nel suo libro: *Teoria matematica della probabilità*, pone il seguente periodo che merita di essere citato: « L'avvenimento è probabile se la probabilità matematica è maggiore di $^1/_2$; incerto se è uguale a $^1/_2$; improbabile se è minore di $^1/_2$. » (N. R.)

(1) Questo ed altri simili fatti completano il celebre teorema di J. Bernouilli, che risale al secolo XVII. Il detto teorema è stato enunziato come segue dal prof. V. P. Ermacoff nel suo libro *Teoria delle probabilità* (Kiew, 1879): « Il numero dei tentativi, in cui si è avuta una data combinazione, e il numero di tutti i tentativi fatti per averla stanno fra di loro in un rapporto approssimativamente costante, e il valore di questo rapporto è ciò che chiamasi la probabilità del fatto. » — Questa importante legge della probabilità fu chiamata dal matematico Poisson: *La legge dei grandi numeri*. (N. R.)

l'apparizione del doppio sei, in favore della quale non vi è che una combinazione su 36, sarà per noi *meno probabile* che quella del 2 e 1, in favore della quale noi scorgiamo due combinazioni secondo che l'*uno* si trova sopra un dado o sopra l'altro, ancorchè, per le irregolarità di struttura, quest'ultimo caso fosse fisicamente meno possibile o persino impossibile. Se un giocatore scommettesse per il *doppio sei* e un altro per *due e uno* col patto di considerare come nulli quei tratti che non riuscissero a nessuna di queste due combinazioni, non si potrebbe pareggiare altrimenti il giuoco se non raddoppiando la posta del giocatore che scommette per *due e uno* (1), e l'equità sarebbe soddisfatta precisamente come lo sarebbe se si fosse sicuri che la struttura dei dadi è perfettamente regolare, mentre sarebbe iniqua se chi è chiamato a pareggiare il giuoco sapesse che i dadi sono adulterati in maniera da favorire uno dei giocatori.

« Qui si limitano all'incirca le applicazioni della teoria, in quanto essa abbia per oggetto dei semplici giudizi di probabilità, i quali variano secondo le cognizioni e l'ignoranza dei giudici. Ma se le conseguenze che si deducono da così fatti giudizii si volessero trasportare nella discussione dei fenomeni naturali o dei fatti sociali, ci esporremmo a cadere in gravi errori, di cui daremo degli esempi, e che potrebbero scuotere la fiducia nelle applicazioni legittime.

« Il calcolo dei rischi ha avuto origine appunto dalla necessità di regolare le partite nei giochi, ossia di pareggiare i rischi dei giocatori *(compositio sortis)*. Da un passo assai notevole del Pascal (2) si vede che egli non pensava punto alle

---

(1) Vedi la nota di pag. 80, dalla quale appare manifesto che i rapporti che rappresentano queste due probabilità stanno fra loro come 1 a 2.

(2) « Novissima autem ac penitus intemptatae materiae tractatio, scilicet de compositione aleae in ludis ipsi subiectis (quod gallico nostro idiomate dicitur *faire les partis des jeux*), ubi anceps fortuna aequitate rationis ita reprimitur, ut utrique lusorum *quod iure competit* exacte semper assignetur. Quod quidem eo fortius ratiocinando quaerendum, *quo minus temptando investigari possit:* ambigui enim sortis eventus fortuitae contingentiae potius quam naturali necessitati merito tribuuntur. Ideo res hactenus erravit incerta; nunc autem quae *experimento rebellis fuerat*, rationis dominium

applicazioni, di cui era suscettibile la sua geometria del caso nei giudizii di possibilità e relativamente all'economia dei fatti naturali. I grandi ingegni del secolo XVII, Fermat, Leibnitz, Huygens, che si occuparono del calcolo delle combinazioni e delle probabilità contemporaneamente al Pascal, o alcuni anni dopo di lui, ad altro non miravano che a pareggiare le condizioni dei giuocatori. Fu Giacomo Bernouilli, che nell'*Ars coniectandi* determinò formalmente il vero scopo e il valore obiettivo della teoria dei fatti casuali, ma nello stesso tempo coll'uso continuo dei termini *probabilità*, *congettura* ecc., diede luogo ad equivoci, che ne resero l'esposizione confusa e incerte le applicazioni. Il titolo dell'opera del Moivre, *Doctrine of chances*, che fu pubblicata nel 1718, cinque anni dopo l'*Ars coniectandi*, non presentava questo inconveniente; e ancora adesso gli autori parlano del rischio di un avvenimento nel senso in cui si usano i termini di probabilità e di possibilità....

« Al termine di probabilità, preso nel senso soggettivo, corrisponde quello di *certezza*, e spesso si sente dire che, mentre le probabilità si misurano mediante frazioni, l'unità è la misura della certezza. Ma d'altra parte bisogna riconoscere che tra la probabilità e la certezza assoluta non vi è solamente una differenza di grandezza, ma di essenza o di natura che dir si voglia, dimodochè sarebbe assurdo l'affermare che la certezza assoluta consta della somma di due o più probabilità. Questo accade perchè in realtà la teoria delle probabilità o delle possibilità matematiche non considera come termine di confronto un fatto che sia certo in virtù d'una certezza razionale, metafisica o assoluta, ma un fatto che sia *certo fisicamente*, cioè un fatto la cui probabilità non differisca dall'unità che di una

---

effugere non potuit: eam quippe tanta securitate in artem per geometriam reduximus, ut certitudinis eius particeps facta, iam audacter prodeat; et sic, matheseos demonstrationes cum aleae incertitudine iungendo, et quae contraria videntur conciliando, ab utraque nominationem suam accipiens, stupendum hoc titulum iure sibi arrogat: *aleae geometria.* » PASCAL, *Opere*, tomo IV (ediz.ª 1819). — Questo passo è cavato da una memoria scritta in latino e indirizzata nel 1654 a una riunione libera di scienziati: *Celeberrimae matheseos Academiae Parisiensi*. L'attuale Academia delle scienze non fu fondata che nel 1666.

quantità infinitamente piccola, o un fatto tale, che il suo contrario sia fisicamente impossibile, come abbiamo più sopra spiegato e col ragionamento e cogli esempi. In questo modo vien ristabilita quell'omogeneità che debbono sempre avere le cose che si sottomettono a misura e a calcolo, e vien tolta persino l'ombra di ogni difficoltà per coloro che hanno famigliare il senso delle espressioni matematiche. » (1)

Dell'algoritmo algebrico

e della sua applicazione alla geometria.

42. Chiamansi *algoritmi* quei sistemi di segni che si usano per rappresentare una categoria di idee, e specialmente le quantità e i rapporti da cui sono tra loro collegate [8].

Il linguaggio ordinario e la numerazione decimale elementare, che deriva naturalmente dalla struttura delle nostre mani, costituiscono l'algoritmo primitivo. Ma ognun, vede che, se fossimo ridotti a questo procedimento, ben pochi progressi si potrebbero fare. Il Condillac, che tentò la prova, non riuscì a risolvere in questo modo che un semplicissimo problema di primo grado, quantunque lo faccia con un'esposizione assai impacciata e non senza ricorrere a qualche artificio per semplificare il suo ragionamento. « Per convincersi di questa verità, dice il Duhamel (2), basta leggere l'enunciazione di tanti bei teoremi di Archimede. Prima di giungere alla fine, si è già dimenticato il principio. Bisogna leggerli moltissime volte prima di ben capire qual sia la proposizione

(1) Cournot (1801-1877). *Teoria dei rischi e delle probabilità*, Cap. IV (Parigi, Hachette ed.).

(2) Duhamel, *Dei metodi nelle scienze ragionative*, I, 14.

da dimostrare. Da questo si vede quanta debba essere la difficoltà di tener dietro a tutto lo sviluppo della dimostrazione stessa, e qual sia stata specialmente quella di trovarla, a meno che quel grande geometra non abbia fatto uso di abbreviazioni, che poi non ci ha palesate. (1)

« Ma coi segni algebrici tutto si semplifica: quelle condizioni che richiedono un' intera pagina per essere espresse nel linguaggio ordinario, si possono esporre in poche righe; lo scritto sarà percepito istantaneamente e ritenuto senza difficoltà. Le conseguenze dei nostri ragionamenti si scriveranno colla medesima semplicità; e con un solo colpo d'occhio si potrà alla fine afferrare il complesso di tutti i passaggi intermedii. »

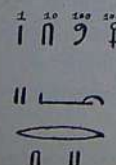
Ma v' ha di più: un buon algoritmo è fonte perpetua di nuove scoperte, come un cattivo algoritmo è una causa continua d' errore. Infatti, le cose che *simbolizzano* in un certo senso, per usare l' espressione del Leibnitz, simbolizzano anche molto spesso in un altro senso: in due cerchi uguali, basta far coincidere due archi, anche piccolissimi, per determinare una coincidenza totale: così un sistema di segni adottato per un caso speciale, vien trovato adatto, purchè sia stato scelto bene, per una serie di fatti che non s' erano previsti e che i segni ci aiutano ad indovinare. L' interpretazione algebrica delle quantità negative e delle quantità imaginarie ne è un esempio assai notevole. Il modo di rappresentare

(1) È questa l'opinione della maggior parte dei matematici. Anche i primi analisti moderni tennero spesso nascosto il metodo abbreviativo del quale si servivano per iscoprire i loro teoremi, presentandoli con dimostrazioni di geometria pura, per avventura più rigorose, ma che non sarebbero bastate a farli scoprire.

le forze, che si è adottato nella meccanica, conduce al teorema del parallelogramma; ma con una diversa notazione esso sarebbe stato molto difficile ad intuire. Per trovare la soluzione d'un problema basta spesso scriverne i dati metodicamente, mentre nulla di chiaro si potrà mai ricavare da una pagina di equazioni disordinate.

43. Questa importanza della lingua dei calcoli ci spiega perchè i progressi delle matematiche sieno sempre andati di pari passo coi progressi dei segni che servirono a metterle in iscritto. Ed è anche interessante l'osservare che gli algoritmi algebrici hanno subìte le vicende stesse della scienza, la quale, dopo d'essere stata conosciutissima agli Orientali e all'antichità classica, nel Medio Evo disparve totalmente, per modo che gli scienziati posteriori al Rinascimento hanno dovuto inventarla di nuovo e quasi da cima a fondo.

Sopra i monumenti Egiziani si trovano delle equazioni scritte in abbreviatura, nelle quali le quantità incognite sono rappresentate con figure di animali, diverse secondo le diverse potenze dell'incognita che si vogliono indicare. Ai segni delle operazioni corrispondono dei simboli convenzionali; finalmente i numeri espliciti sono indicati mediante un sistema di numerazione assai semplice, il quale non contiene che quattro cifre, di cui la figura qui riportata enuncia il valore, e che si ripetono tante volte quante è necessario per formare i numeri. La seconda parte della figura fa vedere il modo di scrivere le frazioni, che s'avvicina notevolmente all'uso mo-



derno. Il fuso di mezzo è il segno della divisione, e il tutto si può facilmente interpretare: due dodicesimi di cubito; letteralmente: « due cubiti divisi per 12. »

44. Ignoriamo se i Greci del periodo classico avessero un sistema di notazione algebrica. Ma ciò sembra probabile, quando si esaminano i problemi di geometria da loro risolti; ad ogni modo, nessuna memoria ci è rimasta di tale notazione, e se anche ne hanno fatto uso per iscoprire i loro teoremi, trovarono il modo di non adoperarla nelle dimostrazioni. Secondo il Matter (1), Aristotele per il primo avrebbe rappresentato mediante lettere (α, β, γ) le quantità indeterminate, ma non incognite, sulle quali egli ragionava; per esempio il tempo, la massa, la forza. Comunque ciò sia, per trovare delle vere equazioni, bisogna scendere fino a Diofanto, matematico di quella famosa scuola d'Alessandria, che ha tanto promosso l'umano sapere nelle scienze e nella filosofia. Ne' suoi calcoli, Diofanto indicava il cubo dell'incognita mediante la sillaba κῡ (κῦβος), il quadrato mediante δῦ (δύναμις), la prima potenza mediante ς (ἀριθμός). Questi simboli prendevano talvolta il segno del plurale o si complicavano di desinenze scritte in abbreviatura. Le cifre sono rappresentate da α', β', γ', secondo l'uso ordinario della numerazione greca; μο (μονάς) indica l'unità aritmetica; $\overline{\phi}$, nell'esempio che segue, è il segno della sottrazione:

κῡ β′, δῦ α′ ἴσῃ ϛϛοῖς δ′ $\overline{\phi}$ μο ιβ′

$x^3 . 2 + x^2 . 1 \quad = \quad x \; . \; 4 \quad - \quad 1 \; . \; 12$

(1) MATTER, *Storia della scuola d'Alessandria*, II, 53.

Gli Arabi s'avvicinavano ancor più alla notazione moderna; le cifre che essi usavano portano il loro nome, e parecchie hanno conservata la stessa figura. La parola *aldjebr*, che appartiene alla lingua Araba, designa essenzialmente, presso di loro, quell'operazione con cui si sopprimono le quantità negative inscrivendo una quantità uguale e positiva nel membro opposto dell'equazione. (1)

45. Veniamo al Rinascimento. Cardano faceva uso di una notazione piuttosto complicata, in cui *res* (abbrev. in *R*) indicava la prima potenza dell'incognita, *census* il quadrato, *cubus* il cubo:

Cubus p 6 *R aequalis* 20
$x^3 + 6x = 20$

Vieta seguiva lo stesso sistema; soltanto le sue abbreviazioni erano più complete. C significava *cubus*, Q *quadratus* (che equivale a *census*), N *numerus* (in luogo di *res*, a imitazione di Diofanto):

1 C + 8 Q + 16 N *aequ.* 72
$x^3 + 8x^2 + 16x = 72$

Alberto Girard, geometra olandese di poco anteriore a Cartesio, adoperava una notazione, dove appare per la prima volta l'algoritmo degli esponenti; l'incognita è rappresentata da un cerchietto, dentro il quale è inscritto il numero o la lettera che ne indica la potenza. Il segno ∞ è il segno dell'uguaglianza.

Finalmente Cartesio perfezionò questo sistema di segni e gli diede la forma che anche al presente usiamo, adoperando le lettere x, y, z per indicare

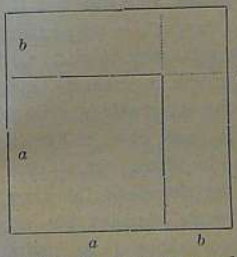
(1) MATTHIESSEN, *Antike und moderne Algebra.*

le diverse incognite, segnandone la potenza a destra, in alto. Il solo punto per cui Cartesio differisce dai moderni sta nell'aver conservato il segno di Girard come segno d'eguaglianza e di richiamare l'attenzione sull'incognita mediante un asterisco:

$$x^{2*} + px^{*} + q \infty 0$$

46. Il perfezionamento di questo algoritmo è stato in parte la causa, in parte l'effetto della grande invenzione cartesiana, che fu il punto di partenza di tutte le matematiche moderne, e consiste nell'*applicazione dell'algebra alla geometria* (1), in virtù della seconda regola del Metodo, che perciò, a tutta ragione, vien chiamata *regola dell'analisi*.

Abbiamo già veduto che gli antichi dimostravano sempre i loro teoremi per mezzo della geometria. In questo modo essi dimostravano anche delle proposizioni, che ora ci sembrano d'algebra pura, p. e. il quadrato del binomio, sul quale Euclide ragiona così:



Per conoscere il quadrato della somma di due quantità, a e b, le porto l'una dopo l'altra sopra una retta e costruisco il quadrato sulla lunghezza totale. Se ora, sulla medesima figura, io costruisco il quadrato di a e ne prolungo i lati sino in M ed in N, vedo che il quadratro di $a+b$ consta in primo luogo

(1) Senza dubbio Cartesio non è stato il primo che abbia avuto l'idea di questa applicazione; specialmente Vieta (1540-1603) aveva lavorato in questo senso. Ma l'autore del Metodo ha trattato l'argomento con tanta ampiezza e generalità, da meritare che questa scoperta porti il suo nome.

del quadrato di a, poi del quadrato di b, e finalmente di due rettangoli, ciascuno dei quali è uguale al prodotto di a per b; cioè in totale il quadrato di $a+b$ consta di a^2+b^2+2ab.

Cartesio ebbe un'ispirazione di genio quando vide che questo rapporto stabilito dagli antichi geometri fra le figure e i numeri: 1° poteva essere *invertito*, di guisa che, in luogo di trarre solamente delle conclusioni numeriche dallo studio di una figura geometrica, si potrebbero trarre delle conclusioni geometriche dall'esame d'una formola; e 2° che tale rapporto poteva essere *generalizzato*, in modo che ad ogni figura corrispondesse una equazione e ad ogni equazione una figura.

47. « Io non ebbi intenzione, scrive Cartesio, di imparare tutte quelle scienze speciali, a cui si dà solitamente il nome di matematiche; e vedendo che, sebbene i loro oggetti sieno diversi, non di meno s'accordano in questo, che altro non pigliano in considerazione se non i varii rapporti e proporzioni che passano tra i detti oggetti, ha pensato esser miglior partito esaminare solamente queste proporzioni in generale, non supponendole se non in quelle cose che m'avrebbero aiutato a conoscerle, e senza punto fissarle in esse cose, a fine di poterle vie meglio applicare a tutte le altre, cui si convenissero. Poi, avendo osservato che, per conoscerle, io avrei avuto qualche volta bisogno di considerarle ciascuna per sè, e qualchevolta di ritenerle solamente o abbracciarne molte ad un tempo, risolvetti che, per meglio considerarle in particolare, io dovevo imaginarle sopra delle linee, non trovando mezzo di questo più semplice nè che più direttamente fosse afferrato dalla percezione e dai sensi; ma che per ritenerle o abbracciarne molte ad un tempo, bisognava che io le spiegassi mediante alcune cifre più brevi che fosse possibile, e che con questo mezzo io piglierei tutto il meglio dell'analisi

geometrica e dell'algebra, correggendo coll'una tutti i difetti dell'altra. » (1)

48. Ecco in quali termini Augusto Comte riassume ed apprezza, nel suo capitolo sulla geometria analitica, la scoperta di Cartesio:

« Siccome la geometria si fonda interamente sulla trasformazione delle considerazioni geometriche in equivalenti considerazioni analitiche, noi dobbiamo in primo luogo considerare direttamente e con la dovuta profondità la felice idea, secondo la quale Cartesio ha stabilito uniformemente la costante possibilità di siffatta correlazione. Oltre la grandissima importanza sua propria a sempre più perfezionare la scienza geometrica, o piuttosto a fondarla, nel suo complesso, sopra basi razionali, lo studio filosofico di questa meravigliosa scoperta deve presentare per noi un interesse in tanto maggiore in quanto essa caratterizza con perfetta evidenza il metodo generale che bisogna seguire per organizzare, in matematica, le relazioni dell'astratto col concreto mediante la rappresentazione analitica dei fenomeni naturali. Nella filosofia matematica non si trova un concetto che più di questo meriti tutta la nostra attenzione.

« Per riuscire ad esprimere mediante semplici relazioni analitiche tutti quanti i fenomeni geometrici che si possano imaginare, bisogna evidentemente stabilire dapprima un sistema generale per rappresentare analiticamente i soggetti stessi, nei quali questi fenomeni risiedono, cioè le linee e la superficie che si prendono a considerare. Il *soggetto* essendo così abitualmente considerato sotto un punto di vista puramente analitico, si comprende come d'allora in poi sia stato possibile di concepire nel medesimo modo quegli *accidenti* qualunque che possono in esso aver luogo.

« Per organizzare la rappresentazione delle forme geometriche mediante equazioni analitiche, bisogna superare anzitutto una difficoltà fondamentale: quella cioè di ridurre gli

(1) Cartesio, *Discorso sul metodo*, parte 2.ª

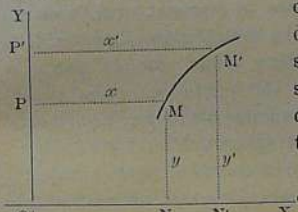
elementi generali delle varie nozioni geometriche a idee semplicemente numeriche; di sostituire, in una parola, in geometria delle pure considerazioni di *quantità* a tutte le considerazioni di qualità.

« Per ciò fare, notiamo anzitutto che ogni idea geometrica si riferisce necessariamente a qualcuna delle tre categorie universali di grandezza, forma e posizione delle estensioni che si prendono a considerare. Quanto alla prima, egli è evidente che non si può incontrare difficoltà alcuna, poichè essa rientra immediatamente nel dominio dei numeri. Quanto alla seconda, bisogna osservare che essa è, per sua natura, sempre riducibile alla terza. Poichè la forma di un corpo risulta evidentemente dalla diversa posizione o giacitura dei punti, di cui il corpo è composto, di maniera che l'idea di posizione comprende necessariamente l'idea di forma, e ogni circostanza di forma può essere tradotta in una circostanza di posizione. Gli è infatti così che la mente umana ha proceduto per addivenire alla rappresentazione analitica delle forme geometriche, poichè il concetto di queste non si riferisce direttamente che alle posizioni. Tutta la difficoltà elementare si riduce dunque, propriamente parlando, a ricondurre un'idea qualunque di posizione a un'idea di grandezza. Ecco la vera e immediata essenza del concetto preliminare, sul quale Cartesio ha stabilito il sistema generale della geometria analitica.

« Il suo lavoro filosofico consiste semplicemente, da questo punto di vista, nel generalizzare interamente un processo elementare, che si può risguardare come naturale alla mente umana, poichè esso si forma, per così dire, spontaneamente in tutte le intelligenze umane, anche nelle più volgari. Infatti, allorquando si tratta di indicare la posizione di un oggetto senza mostrarlo direttamente, il mezzo che sempre adottiamo, e il solo indubbiamente di cui possiamo servirci, consiste nel riferire questo oggetto ad altri che ci sieno noti, indicando la grandezza di quei qualunque elementi geometrici che ad essi lo collegano. (1) Questi elementi, che Cartesio, e dopo di lui

(1) In questo modo si determina per solito la posizione dei luoghi posti sulla terra mediante le loro distanze dall'equatore o da un primo meridiano.

tutti i geometri, ha chiamato le *coordinate* di ogni punto che si prende a considerare, sono due, se si conosce fin da prima in qual piano è situato il punto, e tre se il punto può trovarsi in una regione qualunque dello spazio. Quante sono le diverse costruzioni che si possono imaginare per determinare la posizione d'un punto, sia sopra un piano, sia nello spazio, altrettanti sono i sistemi di coordinate possibili, sistemi che, per conseguenza, possono moltiplicarsi all'infinito. Ma, qualunque sia il sistema adottato, le idee di posizione restano sempre ricondotte a idee di grandezza, di maniera che lo spostamento di un punto potrà essere concepito come la conseguenza di variazioni numeriche nei valori delle sue coordinate. Considerando per ora il caso meno complicato, cioè quello della geometria piana, gli è in questo modo che si determina ordinariamente la posizione di un punto sopra un piano, servendosi delle distanze più o meno grandi del punto da due rette fisse, che si suppongono conosciute e che si chiamano *assi* (O X, O Y), e che sono quasi sempre, per ipotesi, tra di loro perpendicolari.(1)



A cagione della sua semplicità, per lo più si segue questo sistema; tuttavia i geometri ne usano infiniti altri. Così p. e. la posizione d'un punto sopra un piano può essere determinata dalla sua distanza da due punti fissi, o dalla sua distanza da un solo punto fisso, e dall'angolo più o meno grande che la direzione di questa distanza forma con una retta fissa, il che costituisce il sistema delle coor-

(1) Aggiungiamo per maggior chiarezza questa figura che non è nel testo del Comte. — Notisi oltre a ciò che se la coordinata x si accresce di N N' e si fa $x' = O N' = P' M'$, e la coordinata y si accresce di P P' e si fa $y' = O P' = N' M'$, allora il punto M si sposta in M'. — Rimarchiamo in oltre che la coordinata $x = O N = P M$ misurata sull'asse O X o su una parallela ad esso, si chiama ascissa, e la coordinata $y = O P = M N$ misurata sull'asse O Y o su una parallela ad esso, chiamasi ordinata: perciò l'asse O X si chiama asse delle ascisse e O Y quello delle ordinate. (N. R.)

dinate dette *polari*, che è il più usato dopo il primo di cui abbiam fatto menzione; — oppure dagli angoli che le rette che congiungono il punto variabile con due punti fissi formano colla retta che congiunge i due punti fissi; oppure dalla distanza del punto variabile da una retta fissa e da un punto fisso ecc. ecc. Insomma, non havvi figura geometrica, dalla quale non si possa dedurre un sistema di coordinate più o meno suscettibile di pratica applicazione.

49. « Secondo il modo, con cui si esprime analiticamente la posizione d'un punto sopra un piano, si può facilmente stabilire che, qualunque proprietà si adoperi per definire una linea, a questa definizione è sempre possibile sostituire un' equazione corrispondente tra le due coordinate variabili del punto che descrive la detta linea, equazione che diverrà quindi la rappresentazione analitica della linea in discorso, ogni fenomeno della quale dovrà tradursi in una modificazione algebrica della sua equazione. Se noi supponiamo infatti che un punto si muova sopra un piano, senza che questo suo moto sia comunque determinato, le due coordinate dovranno, in qualunque sistema, essere considerate come due variabili affatto indipendenti l'una dall'altra. Ma se, per contrario, il punto è costretto a descrivere una linea determinata, bisognerà necessariamente ammettere che le coordinate conservano tra di loro, in tutte le posizioni che può prendere il punto, un certo rapporto costante e preciso, suscettibile di essere espresso mediante una adatta equazione, che diverrà la definizione analitica chiarissima e rigorosissima della linea considerata, poichè esprimerà una proprietà algebrica esclusivamente relativa alle coordinate di tutti i punti della linea. Egli è evidente infatti che, quando un punto non è legato a condizione alcuna, la sua posizione non può essere determinata che enunziando tutt' e due le sue coordinate, l' una distintamente dall' altra; mentre allorchè il punto deve trovarsi sopra una data linea, una sola coordinata basta a determinarne la posizione. La seconda coordinata è dunque in questo caso una *funzione* determinata della prima [35], o, in altri termini, tra le due coordinate deve esistere

una certa *equazione* di natura corrispondente a quella della linea, sulla quale il punto deve trovarsi. In una parola, siccome ognuna delle coordinate di un punto lo obbliga ad essere situato sopra una certa linea, si capisce reciprocamente che la condizione, rispetto al punto, di dover appartenere ad una linea comunque definita, equivale al fissare il valore di una delle due coordinate, che, in tal caso, risulta interamente dipendente dall'altra. Il rapporto analitico che esprime questa dipendenza può essere più o men difficile a scoprire; ma è evidente che si dovrà sempre ammetterne l'esistenza, anche se i mezzi che attualmente possediamo non bastassero a farcelo trovare. Gli è mediante questa semplice considerazione che, prescindendo dalle particolari verificazioni sopra le quali è ordinariamente basato questo concetto fondamentale, allorquando si tratta della definizione di questa o quella linea, si può dimostrare in modo al tutto generale la necessità di rappresentare analiticamente le linee mediante le equazioni.

50. « Ripigliando in senso inverso le medesime considerazioni, si potrebbe altrettanto facilmente mostrare la necessità geometrica della rappresentazione di ogni equazione a due variabili, in un determinato sistema di coordinate, mediante una linea determinata, la quale, in mancanza d'altra proprietà conosciuta, resterà da un tale rapporto definita in modo assai caratteristico. Siffatta definizione avrà per iscopo scientifico di fissare immediatamente l'attenzione sull'andamento generale delle soluzioni dell'equazione, andamento che sarà così indicato nel modo più perspicuo e più semplice. Questa, per dir così, pittura delle equazioni è uno dei vantaggi fondamentali più importanti della geometria analitica, che per questo mezzo ha avuto la più grande influenza sul perfezionamento generale dell'analisi stessa, non solamente assegnando alle ricerche puramente astratte uno scopo nettamente determinato e un campo d'azione inesauribile, ma, sotto un riguardo ancor più diretto, somministrando un nuovo stromento filosofico di meditazione analitica, a cui non sarebbe possibile sostituirne alcun altro. Infatti, la discussione puramente algebrica di una equazione, ce ne fa conoscere

senza dubbio le soluzioni in modo assolutamente esatto, ma considerandole solamente ad una ad una, di maniera che, per questa via, il loro andamento generale non si potrebbe scorgere se non dietro una lunga serie di confronti numerici, dopo i quali l'attività della mente resterebbe certamente spossata.

« Viceversa, il luogo geometrico dell'equazione essendo destinato unicamente a rappresentare distintamente e con perfetta chiarezza il riassunto di questo insieme di confronti, ci permette di considerarlo direttamente, prescindendo affatto dai particolari che ce l'hanno fornito; laonde esso può aprire alla nostra mente degli orizzonti analitici generali, ai quali difficilmente avremmo in altro modo potuto pervenire, non possedendo un mezzo per caratterizzare nettamente il loro oggetto. È chiaro, per esempio, che il semplice esame della curva logaritmica o della curva $y = \text{sen } x$ ci fa conoscere ben più chiaramente il modo generale in cui i logaritmi variano rispetto ai numeri o i seni rispetto agli archi, di quel che potremmo scorgerlo collo studio più attento d'una tavola trigonometrica (1). È noto che questo processo è divenuto al presente al tutto elementare e che lo si adopera ogniqualvolta si vuol afferrare nettamente il carattere generale della legge che domina in una serie d'osservazioni esatte di qualsiasi genere (2).

Quantità continue e quantità discontinue.
Il calcolo infinitesimale.

51. Vi è una prima specie di quantità, che noi conosciamo assai bene, e sull'esistenza della quale non si son mai elevate difficoltà, anzi qualche volta le si

---

(1) L'equazione logaritmica è $y = \log x$; l'equazione dei seni è $y = \text{sen } x$. (N. R.)

(2) Augusto Comte, *Corso di filosofia positiva*, Vol. I, lezione 12.ª — Per esempio, le curve barometriche, termometriche; le *grafiche* delle vie ferrate; le tavole che presentano la variazione dei fenomeni sociali, come nascite, malattie, morti ecc. ecc.

è attribuito maggior valore che a tutte le altre, pretendendo che essa costituisca l'essenza stessa delle cose; e questa quantità è il numero. Tutti posseggono la nozione del numero con perfetta chiarezza, e i filosofi, che si sono occupati di psicologia comparata, arrivano persino a sostenere che questa idea del numero si trova anche negli animali, benchè solo allo stato rudimentale.

Allorchè ad un essere d'una determinata specie noi ne aggiungiamo un altro, poi un altro, e così di seguito per molte volte, noi abbiamo un certo numero di esseri di una determinata specie, e il complesso di questi oggetti noi lo indichiamo mediante un segno speciale, a cui facciamo seguire il nome della specie, alla quale appartengono tutte queste unità. Questa specie può essere estesa fin che si vuole; ma la condizione necessaria all'esistenza del numero, è la separazione reale, l'individualità propria di ciascuna delle unità che lo compongono. Gli è per questo che dapprima si è incominciato a contare sulle dita, e da quest'uso è derivata indubbiamente la numerazione decimale; quindi, prima di giungere a quelli che noi chiamiamo numeri astratti, i conti si facevano per mezzo di sassolini *(calculi)*. Ma gli stessi numeri astratti non sono, a parlar propriamente, che numeri concreti estesi ad un numero infinitamente grande di specie. Gli elementi, di cui sono composti questi numeri, divengono delle semplici unità, che non hanno, è ben vero, comprensione alcuna, ma che mantengono pur sempre quel carattere d'unità, cioè d'individualità distinta da tutte le altre, senza il quale il numero non è possibile.

Ciò posto, se noi consideriamo la serie dei numeri, facilmente ne scorgiamo il carattere essenziale: i

numeri sono quantità *discontinue*. Se noi eliminiamo ogni altra idea estranea, non concepiamo e non dobbiamo concepire che tra due numeri consecutivi ci possa essere qualche cosa di intermedio. Una quantità numerica o cresce di una unità, o non cresce affatto. Il numero 5 non cessa di essere 5 che al momento preciso, in cui è sostituito dal 6; e si esprimerebbe impropriamente chi dicesse: al momento in cui esso *diventa* 6 (1). Queste due quantità sono al tutto separate, e dall'una all'altra non vi è transizione possibile. Nè a ciò potrebbe opporsi l'esistenza delle frazioni, le quali hanno la loro ragione di essere solamente in questo, che noi possiamo prendere come unità seconda, cioè come base conosciuta e definita di un nuovo sistema di numerazione, un gruppo d'unità primitive elementari. Questo gruppo è d'altra parte esattamente determinato rispetto all'unità prima, e la suppone in ogni caso, poichè il denominatore esprime appunto il rapporto fisso che lega le due unità. Da questo punto di vista $^5/_3$ non deve essere considerato come qualche cosa di intermedio fra 1 e 2 (il che non avrebbe alcun senso), ma come il valore stesso di 5, se si adotta per nuova unità il numero 3, — oppure, in altri termini, se si suppone che la nuova unità sia formata di 3 unità realmente elementari e considerate esse stesse come irreducibili e indivisibili. — Tutta l'aritmetica si fonda quindi sul concetto delle quantità discontinue, che variano per salti, e che tutte constano d'un elemento ultimo, nel quale risiede tutta la loro realtà, cioè dell'unità, concreta o astratta, vale a dire dell'individuo,

(1) Quest'ultimo modo di dire supporrebbe il graduale passaggio dal 5 al 6 e il valore variabile del numero 5. (N. R.)

prendendo questa parola nel suo più ampio significato. (1)

Ma tutto ciò non esaurisce l'idea che noi ci facciamo della quantità. Noi non concepiamo solamente dei numeri a variazione discontinua; ma abbiamo eziandio nozione di un'altra specie di valori, che indichiamo col nome di *quantità continue*. Sotto la denominazione di quantità continua noi intendiamo una quantità così fatta, che in essa non esista nessuna divisione *reale*, ma che d'altra parte possa *idealmente* essere suscettibile di una divisione qualunque. Perciò la quantità continua è in totale opposizione col numero, che si divide sempre in unità, e non ammette quindi che un numero limitato di decomposizioni (2). Le variazioni delle quantità continue non avvengono per via di salti improvvisi e senza transizioni, ma all'opposto per gradazioni insensibili, in guisa che il passaggio da un valore ad un altro è inafferrabile

---

(1) Il giudizio dell'autore sull'origine delle frazioni non ci sembra del tutto attendibile, il che dipende dalla poco accurata distinzione dei numeri, vale a dire delle unità astratte dalle unità di misura. Le prime appaiono come il fondamento della serie naturale dei numeri e come l'espressione della comune proprietà di tutte le cose: esistere, essere un'indipendente e particolare cosa, avere un'esistenza separata, isolata dalle altre cose, in una parola: l'espressione della proprietà di quelle cose che si possono chiamare singole. — Il termine unità, in questo senso, si applica del pari all'immenso sole e al più piccolo granello di sabbia, affatto indipendentemente dal loro valore. — Le unità astratte sono identiche tra di loro, assolutamente semplici, discontinue, indivisibili: ecco perchè sembra alquanto inesatto l'introdurre nel concetto di unità astratta una seconda unità, come fa il Lalande, ricavata da altre unità primitive. Quello che Lalande chiama frazione è più giusto chiamarlo rapporto fra i numeri 5 e 3. — La frazione dunque, nel vero senso della parola, è una o più parti aliquote dell'unità; e, almeno in aritmetica, non è necessario dare di questo termine una diversa definizione. (N. R.)

(2) L'unità astratta è indivisibile: perciò il numero astratto 4 (per es.) ammette solo un numero limitato di divisioni, come $3+1$; $2+1+1$; $2+2$; $1+1+1+1$. (N. R.)

nel senso più rigoroso di questa parola. Ciò è voluto dalla definizione, che noi abbiamo dato più sopra, della quantità continua, poichè ogni interruzione nel suo variare importerebbe una divisione naturale di una quantità, che deve invece rimanere indivisa.

52. La ragione ci fornisce l'idea di queste due quantità nelle loro proprietà essenziali e rigorose, ed esse ci sono anche rappresentate dai sensi in modo, bene è vero, inadeguato, ma concreto e facile a comprendersi dalla nostra imaginazione. Dal punto di vista razionale, le quantità discontinue si basano sull'idea dell'unità, le continue sull'idea dello spazio, che è la quantità continua per eccellenza, e che serve persino a determinare le proprietà matematiche del tempo. Dal punto di vista dei sensi, un'accolta d'uomini, un mucchio di pietre, una costellazione, rappresentano assai bene dei numeri discontinui; l'altezza del sole sull'orizzonte, il movimento d'un treno ferroviario, quello degli indici d'un orologio sono quantità continue concrete. Ma se l'esperienza dei sensi illustra per tal modo mediante esempii quello che noi concepiamo colla nostra intelligenza, non bisogna dimenticare che questo vantaggio va a detrimento del rigore delle idee che l'esperienza ci rappresenta. Negli oggetti che cadono sotto i nostri sensi noi non troviamo alcuna unità veramente indivisibile: l'uomo, la pietra, la stella sono altrettanti composti che potrebbero dividersi, e oltre a ciò essi non ci presentano mai quella perfetta uguaglianza che è il carattere delle unità matematiche. D'altra parte anche la continuità, che noi percepiamo nei movimenti, è imperfetta, poichè noi non possiamo comprenderla che entro certi limiti, oltre i quali la nostra imaginazione

si perde, e per l'abitudine che abbiamo della più chiara nozione del numero, siamo facilmente indotti a pensare che il movimento consti di piccolissimi salti, di piccolissime unità di spostamento, la di cui somma costituisca il movimento totale. Ciò è dimostrato dalla storia delle scienze; e in proposito ci basterà ricordare le difficoltà cinematiche sollevate da Zenone Eleate, sulle quali Aristotele e i suoi commentatori hanno fatto interessantissime discussioni (1). L'argomento così detto *della freccia* è in questo proposito il più notevole. Esso consiste nel dire che il moto d'una freccia è incomprensibile, non potendo esser formato, nelle sue parti elementari, che di movimenti nulli o di sòste, la cui somma non può dare un movimento reale. Così incominciò la discussione dei rapporti tra le quantità continue e le discontinue, discussione che non è esaurita nemmeno al presente.

53. Infatti, a misurare il continuo, noi ci serviamo del numero; ma ogni sistema di numerazione suppone una divisione e una unità, mentre il continuo per sua natura stessa non le ammette. Convien dunque far uso d'un artificio, che gli conferisca la proprietà di poter ammettere una divisione qualunque. Applichiamogli, in modo al tutto ideale, questa divisione, che realmente nel continuo non ha luogo. Per far ciò, prendiamo una quantità continua arbitrariamente scelta, ma fissa, come a dire la lunghezza del meridiano o quella del pendolo che batte il minuto secondo

(1) ARISTOTELE, *Fisica*, V, 9, e *Metafisica*, II, 4. — L'esposizione e l'esame di questi argomenti sono stati ripresi in parecchie opere moderne, tra cui le più celebri sono: BAYLE, *Dizionario storico e critico*; HEGEL, *Geschichte der Philosophie*; — RENOUVIER, *Manuel de philosophie moderne*; e specialmente ZELLER, *Die Philosophie der Griechen*.

BIBLIOTECA CIVICA

in un determinato luogo del globo. Conveniamo di considerare tale quantità come un'unità, di cui sono composti i continui a lei analoghi, e di applicarle le regole del calcolo che s'applicano all'unità reale. Allora, le quantità continue saranno uguali a 1, 2, 3 .... n volte la quantità presa come unità, e, da questo punto di vista, conveniamo di indicarle mediante i valori 1, 2, 3 .... n, che permettono di trattarle fino ad un certo punto come altrettanti numeri. Ma prima di andar oltre, teniamo ben fermo che la linea da noi rappresentata con 5 o con 9, non è per sè stessa nè 5 nè 9 nè un altro numero qualunque. Essa conserva sempre il suo carattere di essere divisibile all'infinito, e l'operazione da noi fatta dividendola in un certo numero di unità non deve indurci a dimenticare il fatto essenziale che queste parti sono meramente ideali e artificiali.

Su questa verità si fonda il principio dell'omogeneità delle equazioni che rappresentano grandezze continue. Perchè un'equazione di tale specie sia generale, bisogna che essa sussista *qualunque sia l'unità adottata;* poichè, in virtù del principio d'identità, i rapporti tra i varii elementi d'una figura sono sempre gli stessi, qualunque sia il mezzo adoperato per misurarli. Ora questa condizione non sarebbe soddisfatta, se noi avessimo delle equazioni, nelle quali una linea fosse uguale al quadrato d'un'altra o al prodotto di due altre linee. Siano infatti tre linee x, y, z, che, misurate coll'unità A, diano, in valore assoluto, i numeri a, b, c, tra i quali si stabilirebbe l'equazione

$$a = bc.$$

Se noi le misurassimo invece con un'altra unità B,

che supporremo uguale alla metà della precedente, avremmo:

$$2a = 2b \,.\, 2c \text{ ossia } 2a = 4bc$$
$$a = 2bc$$

equazione che differisce dalla prima, e nella quale il coefficiente del secondo membro varierebbe ad ogni cambiamento d'unità. Se per contrario si trattasse di termini del medesimo grado, a cagion d'esempio $a^2 = bc$, è chiaro che il cambiamento d'unità non cagionerebbe alcun cambiamento nell'equazione, circostanza assolutamente necessaria allorchè si tratta di grandezze che non ammettono un'unità assoluta, come appunto accade di ogni quantità continua.

54. Ma se ben presto si vide di quanti risultati sarebbe fecondo il sistema che consiste a misurare il continuo per mezzo dei numeri, dovettero i matematici ben presto accorgersi che questa applicazione era di necessità inadeguata, e che, a usarla senza ponderazione, si correvano molti pericoli. Laonde gli antichi esitarono sempre a far uso di questo procedimento, per semplice che fosse. Essi non osavano mai abbandonare la figura, su cui lavoravano, nè sostituire ad una linea una grandezza astratta; essi dànno sempre, come abbiam veduto [46], le loro dimostrazioni mediante la geometria pura, e il metodo era destinato a non progredire fino ai tempi di Vieta e di Cartesio. — E per vero, appena che non si fa più uso delle misure elementari, che comunemente s'adoperano, si va incontro a difficoltà sempre crescenti. È noto che Cartesio, mediante l'artificio dei segni + e — aggiunti alle quantità, era riuscito a fissarne il senso. Ma in questa applicazione vi sono problemi da risolvere ben più difficili. Se noi dob-

biamo considerare una quantità che varia in modo continuo, come per esempio l'ordinata di una curva [56], il seno d'un arco, comprendiamo subito che la detta variazione non può essere rappresentata da alcuna cifra; la cifra convertirebbe questa mobilità che varia continuamente in una posizione determinata, e anche rappresentando rigorosamente il valore di questa linea in due dati momenti, per quanto vicini vogliamo supporli, non potrebbe esprimere il passaggio dall'una all'altra posizione. Finalmente, se noi dividessimo una linea in due, noi potremmo rappresentarla colla cifra 2, oppure indicarne le parti colla frazione $^1/_2$; dividendo di nuovo in due ciascuna di queste parti, potremmo rappresentare la linea totale con 4, oppure le sue parti con $^1/_4$, e via dicendo. Ma, all'estremo limite, con qual numero rappresentare la linea o con qual numero le sue parti? Nessuna grandezza discontinua potrebbe simboleggiare questa maniera di divisione; e tuttavia noi abbiamo il diritto di considerarla, anche secondo la definizione della quantità continua.

55. Queste difficoltà di misurare le curve ai limiti, che noi esponiamo qui nel modo più semplice e più schematico che ci è possibile, s'incontrano in una infinità di problemi, la cui soluzione è importantissima non solo dal punto di vista della pratica, ma ben anco da quello della teoria. A risolvere dunque tali problemi, è stato inventato il *calcolo infinitesimale*, che è il più potente strumento delle matematiche moderne.

Il calcolo infinitesimale si fonda essenzialmente da una parte sull'idea arbitraria di quantità più piccole di ogni quantità data, senza che perciò sieno nulle,

e di quantità più grandi di ogni quantità data, senza che perciò sieno infinite (nel senso stretto della parola); e dall'altra sulla possibilità di considerare queste quantità come rigorosamente nulle o infinite, non già assolutamente, ma *relativamente* ad altre quantità date; il che permette di eliminare dai calcoli tutte le grandezze d'ordine inferiore a quelle di cui si cerca la relazione.

Per poter ricondurre tutte le questioni geometriche ad altrettante questioni aritmetiche, bisognerebbe infatti trovare nel continuo stesso una unità realmente indivisibile; bisognerebbe che il continuo potesse, come il discontinuo, crescere d'una quantità minima α, tale che non vi fosse quantità intermedia possibile tra x e $x + \alpha$. Ora il continuo, in virtù delle sue proprietà essenziali, non può crescere che di una quantità continua e per conseguenza divisibile. — Ma i matematici, che avevano bisogno di questa unità impossibile, se la crearono artificialmente, salvo ad eliminarla, mediante opportuni procedimenti, prima della fine dei loro calcoli, nei quali non poteva evidentemente restare. Bonaventura Cavalieri (1), nel suo *Metodo degli indivisibili,* prese appunto a considerare questa verità. Il suo metodo fu adottato e perfezionato da Cartesio, Pascal e Roberval (2); Newton chiamava questa specie di unità *flussione* (3) e la indicava con $\dot{x}$; finalmente Leibnitz la chiamò

(1) Geometra italiano (1598-1647).

(2) Gilles de Roberval (1602-1675), professore di matematica al Collegio Reale e membro dell'Accademia delle scienze.

(3) Il termine *flussione*, nel suo più stretto senso, indica per Newton la velocità d'aumento d'una funzione paragonata alla velocità d'incremento della variabile indipendente. La notazione di Leibnitz e quella di Lagrange soppressero questa idea accessoria del tempo, che nel calcolo infinitesimale non è necessaria.

differenziale, e imaginò di rappresentarla mediante il simbolo *dx*, che è in uso anche al presente. Si è spesso discusso e si discute ancora quale di questi due matematici sia il vero inventore del calcolo infinitesimale. Ma la questione ci sembra mal posta: in primo luogo perchè tutti ebbero dei predecessori, poi perchè, quanto all'invenzione dei segni e delle regole proprie di ciascuno, è probabile che ognuno li abbia trovati da sè, come accadde per tante altre scoperte. Tuttavia il Leibnitz è in questo proposito superiore di molto al Newton: presso di lui, l'idea dei diversi ordini di grandezze, ognuno dei quali è infinito rispetto all'ordine successivo, è un'idea fondamentale, sulla quale si basa tutta la sua filosofia; e se egli si fosse curato di rivestire i suoi scritti d'una forma didattica, del che non si è quasi mai dato pensiero, egli avrebbe potuto dimostrare *a priori* la giustezza del suo metodo, riannodandola al suo concetto generale del mondo e della ragione. Presso Newton, per contrario, questa scoperta sembra essere stata al tutto empirica e quasi accidentale e ad ogni modo non appoggiata su nessun fondamento filosofico, differenza che non è certamente trascurabile. « Bisogna indagare, dice il Pascal, in quali condizioni un dato pensiero si trovi nella mente di un autore; come e d'onde egli lo possegga e in che grado di profondità; diversamente il nostro sarà un giudizio temerario. »

56. Fin dal suo nascere, la teoria degli infinitamente piccoli sollevò delle obiezioni; i seguaci degli *indivisibili* erano accusati di voler costituire il continuo con elementi semplici, il che sarebbe contraddittorio [51]. Il nome del loro metodo poteva sembrare equivoco, ma equivoche non erano le loro idee.

« Tutto quello che si dimostra colle vere regole degli indivisibili, si può anche rigorosamente dimostrare col metodo degli antichi: questi metodi non differiscono l'un dall'altro che nel modo di esprimersi, il che non può dar ombra alle persone di buon senso, una volta che sieno avvertite del significato che si deve attribuire al nuovo linguaggio. Io non esiterei pertanto a far uso dell'espressione: *la somma delle ordinate* (1), che sembra un'espressione non geometrica a coloro che non comprendono la teoria degli indivisibili, il che non dipende se non dalla loro manchevole intelligenza: poichè con queste parole altro non s'intende se non la somma di un numero *indefinito* di rettangoli formati da ciascuna ordinata con ciascuna delle piccole porzioni uguali del diametro. Ora la somma di questi rettangoli è certamente uguale ad un piano che non differisce dal semicircolo che di una quantità minore di ogni quantità data. » (2)

57. Ma quando Leibnitz ebbe trasformato questo metodo introducendovi un algoritmo preciso, che conduceva al celebre principio della possibilità di trascurare gli infinitamente piccoli d'ordine superiore in funzione degli altri, molti valentuomini ravvisarono in questo procedimento una violazione del rigore matematico, e lo considerarono come un metodo d'approssimazione, la di cui pratica applicazione non dimostrava il valore assoluto, e che riduceva la matematica all'empirismo. In sulle prime i geometri non se ne diedero gran pensiero, poichè con questo mezzo riuscivano a risolvere dei problemi rimasti insino allora inaccessibili, e il successo pratico era ab-

(1) Chiamasi *ordinata* di un punto d'una curva la perpendicolare abbassata da questo punto sopra uno dei due assi rettangolari, ai quali è riferita la curva [49]. L'altra perpendicolare si denomina *ascissa*.

(2) PASCAL, Lettera al geometra Pietro de Carcavy (1620-1684), bibliotecario e direttore del medagliere.

bastanza grande per tranquillizzarli quanto al valore del suo principio. Si dice persino che il d'Alembert, interrogato da un principiante che si scandalizzava dell'apparente inesattezza del calcolo infinitesimale, gli rispondesse: « Continuate sempre; la fede verrà poi » (1). E la fede viene infatti colla pratica; ma le menti rigorose hanno bisogno di dimostrazioni più convincenti. Alcuni, per non scostarsi dal rigore matematico, proposero di considerare il processo di Leibnitz come un semplice metodo per indovinare la soluzione dei problemi, e per iscoprire nuovi teoremi, che tuttavia non avrebber dovuti essere ammessi a far parte della scienza, se prima non si verificavano coi metodi ordinarii, e specialmente con la riduzione all'assurdo, solito strumento degli antichi matematici in questa specie di dimostrazioni. L'illustre Lagrange (2), pur seguendo in parte questa opinione, andò più oltre: nelle sue *Lezioni sul calcolo delle funzioni* egli dimostrò che anche mediante l'analisi ordinaria si può giungere a tutti i risultati del calcolo infinitesimale, servendosi da un lato del concetto di *derivata*, cioè del limite del rapporto esistente tra l'incremento d'una funzione e quello della sua variabile indipendente (3), e dall'altro lato dello

(1) Bossut, nella sua *Storia delle Matematiche*, attribuisce queste parole al matematico Fontaine.

(2) G. L. Lagrange (1736-1813), nato a Torino da famiglia francese, legata di parentela alla famiglia di Cartesio, professore alla scuola normale e politecnica.

(3) Se la variabile y è una funzione dell'indipendente x, se $y = f(x)$, prendendo x un incremento qualunque h, y potrà crescere di k, e avremo $y+k=f(x+h)$. Se da questa funzione aumentata si sottrae la formola primitiva $y=f(x)$, allora noi avremo $k=f(x+h)-f(x)$. Prendiamo il rapporto dell'aumento k della funzione all'aumento h della variabile indipendente

$$\frac{k}{h} = \frac{f(x+h)-f(x)}{h}$$

sviluppo delle funzioni, secondo il metodo del Taylor (1), in serie, di cui i termini successivi son formati

---

e troveremo un limite, verso il quale questo rapporto si dirige, quando h, diminuendo indefinitamente, alla fine si trasforma in zero. Questo è il limite di Lagrange, che si chiama derivata, e rappresentasi col simbolo $y' = f'(x)$. Per conseguenza

$$y' = \lim. \left(\frac{k}{h}\right) = \lim. \frac{f(x+h) - f(x)}{h} = f'(x)$$

Notiamo che se la funzione $y = f(x)$ è continua, allora al piccolo aumento h della variabile indipendente, corrisponderà un piccolo aumento k della stessa funzione, e oltre a questo il rapporto $\frac{k}{h}$ sarà finito. Notiamo ancora che la stessa derivata $f'(x)$ può essere una nuova funzione di x e per questo si può averne allo stesso modo la derivata. Questa derivata di $f'(x)$, si chiama seconda derivata di $f(x)$ e si rappresenta col simbolo $y'' = f''(x)$. In simile modo può esistere una terza derivata $y''' = f'''(x)$ ecc. ecc. La serie delle derivate può essere infinita; in alcuni casi però questa serie è finita. Prendiamo la funzione $y = x^2 + 3x - 2$; daremo alla variabile indipendente x l'aumento h; allora l'aumento della funzione sarà

$$y + k = (x+h)^2 + 3(x+h) - 2$$

Sviluppando, e sottraendo da questa la precedente uguaglianza, avremo

$$k = 2hx + 3h + h^2$$

Il rapporto fra l'aumento della funzione e quello della variabile indipendente sarà

$$\frac{k}{h} = 2x + 3 + h$$

Il limite di questo rapporto, per $h = 0$, è

$$y' = f'(x) = \lim. \left(\frac{k}{h}\right) = 2x + 3$$

In tale caso noi troveremo una seconda e una terza derivata, e precisamente:

$$y'' = f''(x) = 2$$
$$y''' = f'''(x) = 0$$

Con quest'ultima finiscono le serie delle derivate, poichè le altre sarebbero nulle. (N. R.)

(1) Taylor è il rinomato matematico inglese. Il teorema che ricorda qui Lalande, consiste in ciò che ogni funzione si può sviluppare in una serie contenente le successive derivate della stessa funzione:

$$f(x+h) = f(x) + hf'(x) + \frac{h^2}{1.2} f''x + \frac{h^3}{1.2.3} f'''x + \ldots$$

(N. R.)

secondo una legge conosciuta. Le formole risultanti dalle dette operazioni sono analoghe a quelle del calcolo infinitesimale e conducono alle medesime applicazioni, come mostrava Lagrange nella sua opera, determinando per loro mezzo le tangenti delle curve, le loro quadrature, le loro rettificazioni, le proprietà generali delle quantità logaritmiche, e molti altri problemi, parecchi dei quali erano nuovi.

58. Questo metodo era bellissimo e perfettamente rigoroso e presentava il grande vantaggio di non lasciare adito allo scetticismo. Nella pratica, per contrario, esso conduceva a tanta complicazione di formole — in confronto dell'algoritmo così semplice di Leibnitz —, che lo stesso suo inventore non ne fece mai un uso esclusivo, se non per dimostrare delle soluzioni già ritrovate per altra via. Il Carnot (1) si propose di riuscire a qualche cosa di meglio. In un piccolo scritto, intitolato, sebbene molto impropriamente, *Metafisica del calcolo infinitesimale*, ma ammirevole per precisione e chiarezza di concetti, egli ha dimostrato che l'algoritmo di Leibnitz è esatto e che si può giustificarne direttamente l'uso, senza ricorrere ai giri ingegnosi, ma faticosissimi, inventati dal Lagrange. La forza del suo argomentare viene da questo, che egli si studia di ricondurre sempre la questione al suo vero principio, cioè al rapporto che passa tra il continuo e il discontinuo, tra la geometria e il numero. Mediante questo procedimento sommamente filosofico, egli non soltanto giustifica i principii del calcolo infinitesimale, ma li rischiara e rende

(1) Lazzaro Carnot (1753-1823), membro della Convenzione, quindi del Direttorio, padre del fisico Sadi Carnot, che scoperse i principii della termodinamica.

evidenti le ragioni logiche che conducono all' eliminazione delle quantità infinitamente piccole. Con quest'opera sembra si sia chiuso il periodo delle discussioni sui principii del calcolo, e assolto definitivamente il metodo del Leibnitz dall' accusa di inesattezza. Laonde i matematici moderni continuano a dargli la preferenza, sebbene la teoria dei derivati sia rimasta anch'essa nella scienza e nell' insegnamento, dove serve generalmente d' introduzione allo studio del calcolo infinitesimale propriamente detto.

Dei principii e delle regole della dimostrazione.

59. « Io voglio far comprendere che cosa sia dimostrazione pigliando ad esempio quelle della geometria, che è quasi la sola tra le scienze umane che ne produca d' infallibili, perchè essa sola segue il vero metodo, mentre tutte le altre si trovano, per necessità naturale, in uno stato di maggiore o minor confusione. ...

« Bisogna però che anzitutto io dia l' idea d'un metodo bensì perfetto, ma inaccessibile all'uomo: poichè tutto ciò che è al di là della geometria trascende la nostra ragione. Tuttavia non sarà fuor di proposito l'averne detto qualche cosa.

« Questo vero metodo, che creerebbe delle dimostrazioni per ogni parte ineccepibili — se ci potessimo arrivare — consisterebbe in due cose principali: una, nel non usare alcun termine, di cui non si sia prima spiegato chiaramente il senso; l'altra nel non mettere avanti alcuna proposizione che non sia stata prima dimostrata mediante verità già note; in una parola: definire tutti i termini e provare tutte le proposizioni.

« Senza dubbio questo metodo sarebbe bellissimo; ma esso è assolutamente impossibile, essendo evidente che i primi termini, che si vorrebbero definire ne supporrebbero dei precedenti che dovrebbero servire a spiegarli, e che allo stesso modo

le prime proposizioni che si vorrebbero dimostrare ne supporrebbero delle precedenti, per modo che alle prime non si giungerebbe mai. Così, spingendo le ricerche sempre più oltre, si arriva necessariamente a delle voci primitive che non si possono definire, e a dei principii così chiari, che non se ne trovano dei più chiari che valgano a provarli. Da questo è chiaro che gli uomini sono naturalmente incapaci di trattare qualsivoglia scienza in modo assolutamente perfetto.

« Ma da ciò non consegue che debbasi rinunciare ad ogni metodo, essendovene uno, che è quello della geometria, il quale, pure rimanendo al di sotto, perchè meno convincente, del metodo perfetto, non gli cede in nulla quanto alla certezza. Esso non definisce tutto e non prova tutto, e per questo gli è inferiore; ma non suppone se non cose evidenti e chiare per lume naturale, e questa è la cagione per la quale esso metodo è perfettamente conforme a verità, essendo, dove manca il ragionamento, sostenuto dalla natura. Questo metodo, che è tra gli uomini il più perfetto, non consiste nel definir tutto e nel dimostrar tutto, ma nell'attenersi ad una via di mezzo non definendo le cose chiare e intese da tutti, e definendo tutte le altre; non provando le verità ammesse da tutti, ma provando tutte le altre. Contro questo metodo peccano ugualmente coloro che pretendono di definire e di provare ogni cosa e coloro che trascurano di farlo, allorchè si tratta di cose che non sono evidenti per sè stesse.

« Sembrerà forse strano che la geometria (1) non possa definire nessuna delle cose che formano i suoi principali oggetti, poichè essa non può definire nè il moto, nè i numeri, nè lo spazio; e tuttavia queste sono le tre cose che essa considera particolarmente, e secondo le quali prende il nome di meccanica, d'aritmetica e di geometria, designando quest'ultimo termine tanto il genere che la specie. Ma cesserà la meraviglia considerando che siccome questa bellissima scienza non si occupa che delle cose più semplici, questa stessa qualità, che le rende

---

(1) Questo vocabolo deve essere qui preso nel senso di *matematica* in generale, come del resto si vede chiaro dalla divisione che vien dopo.

degne d'esserne l'oggetto, le rende anche incapaci d'essere definite; di maniera che l'impossibilità della definizione è piuttosto una perfezione che un difetto, poichè essa non deriva dalla loro oscurità, ma al contrario dalla loro estrema evidenza, la quale è tanta, che possiede tutta la certezza delle dimostrazioni, ancorchè non sia di dimostrazione suscettibile. Questa scienza suppone dunque che tutti sappiano che cosa s'intende dire con le parole: moto, numero, spazio; e senza fermarsi a definirle, il che sarebbe inutile, ne studia la natura e ne scopre le mirabili proprietà.

« Queste tre cose, che comprendono tutto l'universo, secondo il detto: *Deus fecit omnia in pondere, in numero et mensura*, hanno tra di loro un legame reciproco e necessario. Poichè non si può imaginare moto alcuno senza qualche cosa che si muova; e una tal cosa essendo una, questa unità è l'origine di tutti i numeri; e finalmente, non potendoci essere moto senza spazio, si vede che unità, numero e spazio son racchiusi nel moto. Persino il tempo vi è compreso: poichè il moto e il tempo sono relativi l'uno all'altro; poichè la prestezza e la lentezza, che sono le differenze tra i movimenti, hanno un rapporto necessario col tempo. Così è che vi sono delle proprietà comuni a tutte le cose, la cognizione delle quali apre la mente alle più grandi meraviglie della natura » (1).

60. « L'arte di persuadere, che non è propriamente se non la deduzione delle prove metodiche perfette, consta di tre parti essenziali: definire i termini di cui ci dobbiamo servire mediante definizioni chiare; proporre dei principii o assiomi evidenti per provare l'assunto di cui si tratta; sostituire sempre mentalmente, nella dimostrazione, la definizione alle cose definite.

« La ragione di questo metodo è evidente, poichè sarebbe inutile avanzare ciò che si vuol provare e intraprenderne la dimostrazione, se prima non si fossero definiti chiaramente tutti i termini di dubbio senso; e poichè inoltre è necessario che

(1) PASCAL, *Dello spirito geometrico.*

alla dimostrazione preceda l'appello a quei principii per sè evidenti, che alla dimostrazione stessa sono necessarii, non potendo l'edificio esser sicuro se non lo sono i fondamenti; e finalmente è d'uopo, nel dimostrare, sostituire mentalmente le definizioni ai termini definiti, poichè altrimenti si potrebbe abusare dei varii sensi, in cui i termini possono essere interpretati.

« È facile scorgere che, seguendo questo metodo, si è sicuri di arrivare a convincere, poichè, quando tutti i termini sono compresi e totalmente esenti da equivoco mercè le definizioni, e i principii vengono ammessi, se nella dimostrazione si sostituisce sempre mentalmente la definizione al termine definito, la forza invincibile delle deduzioni non può a meno di produrre tutto il suo effetto. Laonde una dimostrazione, in cui sieno state osservate queste avvertenze, non è mai stata neppur minimamente messa in dubbio; come nessuna dimostrazione può aver forza, se le dette avvertenze sono state trascurate. Perciò importa molto che esse sieno perfettamente conosciute, e a questo scopo io le riassumerò in poche regole, dove è racchiuso tutto quanto si richiede alla perfezione delle definizioni, degli assiomi e delle dimostrazioni, cioè a praticare l'intero metodo di persuadere per via di prove geometriche.....

« Regole necessarie per le definizioni: Non ammettere senza definirlo nessun termine oscuro o come che sia equivoco. Non far uso nelle definizioni che di termini noti o già spiegati.

« Regola necessaria per gli assiomi: Non citare come tali che le verità perfettamente evidenti.

« Regole per le dimostrazioni: Provare tutte le proposizioni, non adoperando, per dimostrarle, che assiomi per sè stessi evidentissimi o altre proposizioni già dimostrate. Non abusare mai dell'ambiguità dei termini, trascurando di sostituir loro mentalmente le definizioni che li restringono e li spiegano. (1)

Analisi e sintesi.

61. « Generalmente parlando, il metodo si può definire l'arte di ben disporre una serie di pensieri intesa o a scoprire la ve-

(1) Pascal, *Dello spirito geometrico*, frammento secondo.

rità, quando non la conosciamo, o a dimostrarla agli altri quando già la conosciamo.

« Vi sono pertanto due specie di metodo (1), una per iscoprire la verità, che si chiama *analisi* o metodo di risoluzione, e che potrebbe anche dirsi metodo di invenzione; e l'altra per dimostrarla ad altri, quando già si è trovata. Questa seconda specie si chiama *sintesi* o metodo di composizione, che potrebbe anche dirsi metodo d'insegnamento.

« La differenza tra questi due metodi è precisamente quella che passa tra la via che facciamo salendo dalla valle ad un monte e da un monte scendendo a valle; oppure tra le due maniere di cui ci possiamo servire per dimostrare che una persona discende da un certo capo-stipite, e che consistono o nell'ascendere al capo-stipite per la catena del padre, dell'avo e degli altri antenati, o nel discendere alla persona, partendo dal capo-stipite e percorrendo la serie del figlio, dei nipoti, ecc. E questo esempio è tanto più calzante in questo proposito in quanto è certo che per trovare una genealogia sconosciuta bisogna risalire dal figlio al padre, mentre per ispiegare questa stessa genealogia, il più delle volte si incomincia dal ceppo, di cui si fanno vedere i discendenti, il che ha luogo per solito anche nelle scienze (2); oppure, dopo di essersi serviti dell'analisi per ritrovare qualche verità, si ricorre alla sintesi per ispiegare il trovato. » (3)

62. « Il metodo *analitico* è dovuto agli antichi filosofi-geometri, ma si applica a tutte le ricerche che entrano nel dominio del ragionamento puro.

---

1) Ciò che qui dicono gli autori della *Logica di Porto Reale* è vero solamente del metodo nelle scienze di puro ragionamento. Il metodo delle scienze d'esperienza o di erudizione, è diverso.

(2) È detto *per solito*, poichè spesso si dimostra per analisi, e talvolta si può scoprire per sintesi, p. e. allorchè si cerca semplicemente quali sieno le conseguenze d'una data proposizione, oppure qual sia al tempo t' lo stato d'un determinato sistema meccanico, di cui si conoscono tutti gli elementi a un tempo anteriore t.

(3) *Logica di Porto Reale*, parte 4ª, cap. II. — L'opera che va sotto questo nome fu composta da ARNAULD (1612-1694) e NICOLE (1625-1695); il suo titolo esatto è: *La logica, o l'arte di pensare.*

« Se ne trovano le prime traccie negli *Elementi* di Euclide, quantunque la sua invenzione non sembri dovuta a questo grande geometra. Pappo da Alessandria lo fa risalire a Platone; ma nelle opere di questo filosofo non ve ne è menzione, come non vi si nomina neppure un'altra importantissima invenzione geometrica a lui attribuita. Questo silenzio delle opere di Platone non può bastare per infirmare l'asserzione degli scienziati Alessandrini, i quali erano troppo vicini ai tempi di Platone e di Euclide perchè la tradizione potesse essersi completamente alterata..... Egli è probabile che Platone abbia fatto conoscere, nel suo insegnamento orale, molte importanti teorie geometriche, che poi non poterono trovar luogo nelle sue opere filosofiche, e da un passo di una delle sue lettere (1) si rileva che tale omissione è stata volontaria. Che del resto la tradizione seguita da Pappo possa esser vera, si comprende anche dal fatto che le invenzioni attribuite a Platone presentano un carattere di elevatezza e di generalità che s'accorda benissimo con la nobile e sublime indole della sua mente.

« Incominciamo dall'esporre il metodo analitico secondo la idea che noi ce ne facciamo.

« Occorrendo trovare la dimostrazione d'una data proposizione, si cercherà dapprima se essa possa dedursi da proposizioni universalmente o precedentemente ammesse, come loro necessaria conseguenza, nel qual caso anche la proposizione data dovrà essere ammessa e per ciò stesso sarà dimostrata. Se non si trova da quali proposizioni già conosciute possa dedursi la proposizione data, si cercherà da quale proposizione non ammessa come vera essa possa essere derivata, e allora la questione si ridurrà a dimostrare la verità della prima. Così si dovrà poi continuare finchè si giunga ad una proposizione universalmente riconosciuta come vera, e allora resterà dimostrata la verità della proposizione data.

« Come si vede, questo metodo consiste nello stabilire una catena di proposizioni, che incomincia da quella che si vuol

---

(1) Le lettere che vanno sotto il nome di Platone sono giudicate spurie dalla critica moderna. (N. d. T.)

dimostrare e finisce ad una proposizione conosciuta. Le proposizioni che compongono questa catena devono esser tali che, partendo dalla prima, ognuna sia la necessaria conseguenza della successiva; d'onde segue che la prima è conseguenza necessaria dell'ultima, quindi vera al pari di questa.

« Ma tra le molte proposizioni, da cui la prima può esser dedotta, quale converrà scegliere? E la stessa domanda si può fare su ciascuna delle proposizioni che compongono la catena. Nulla di preciso si può dire a tale proposito. La serie delle proposizioni può essere prolungata indefinitamente senza giungere ad una proposizione universalmente ammessa; e talvolta questa può essere trovata prontamente. Ciò dipende dalla perspicacia e dalla maggiore o minore vastità delle cognizioni di chi cerca la dimostrazione.

Avvertenza. — Spesso torna più comodo dedurre una conseguenza da una proposizione data che trovare la proposizione, da cui questa possa dedursi. In tal caso, si potrà seguire il primo procedimento per tutte le proposizioni successive, avendo cura di accertarsi della loro reciprocità (1), poichè se anche soltanto due proposizioni consecutive non fossero reciproche, la seconda potrebbe esser vera senza che lo fosse la prima, potendo talvolta il vero esser dedotto dal falso. Non basterebbe dunque che la catena delle proposizioni finisse con una proposizione generalmente ammessa come vera perchè tutte le precedenti fino alla prima fossero vere anch'esse, e la dimostrazione sarebbe solo apparente. (2)

63. « La *sintesi* non differisce dall'analisi se non per questo, che l'ordine dei teoremi o dei problemi è rovesciato, poichè la serie finisce colla proposizione data e incomincia con una proposizione già conosciuta ....

« Questo metodo consiste dunque nell'incominciare da pro-

---

1) « Quando due proposizioni sono tali che ciascuna di loro deriva dall'altra come sua conseguenza necessaria, allora diciamo che son reciproche. » È necessario notare e definir questo punto, poichè ciò non accade sempre. — DUHAMEL, I, 1, 13.

(2) DUHAMEL, *Dei metodi nelle scienze di ragionamento*, parte 1ª, cap. V.

posizioni universalmente ammesse, deducendone delle altre come conseguenze necessarie, e da queste delle altre nuove, finchè si giunga alla proposizione data, che resta così anch'essa riconosciuta per vera..... Da ciò si vede che se si conoscesse la dimostrazione analitica d'un teorema, se ne potrebbe ottenere immediatamente la dimostrazione sintetica rovesciando l'ordine delle proposizioni.

« Quando si cerca la dimostrazione di un teorema enunciato, la difficoltà consiste nello scegliere quelle proposizioni che bisogna prendere per punto di partenza e quelle che bisogna dedurne come le conseguenze. Se non si potessero o sapessero discernere, ma si pigliassero a caso, potrebbe darsi che tutti i tentativi riuscissero vani, e un tale procedimento non meriterebbe il nome di metodo.

« Ma se si tratta soltanto di comunicare ad altri una dimostrazione che già conosciamo, si saprà anche da quale proposizione già ammessa bisogna partire e quali sono le altre che bisogna dedurne come conseguenze. Il solo inconveniente, in questo caso, si è che colui al quale s'insegna, è condotto, per così dire, alla cieca, e non può capire se i passi che gli si fan fare lo avvicinano o lo allontanano dalla meta. (1)

64. L'analisi e la sintesi presentano ognuna i loro vantaggi e i loro inconvenienti.

Se si tratta di dimostrare un teorema o di risolvere un problema, la sintesi non saprebbe da qual parte incominciare. « Si potrebbero fare moltissimi tentativi infruttuosi, e arrivare alla meta per caso, a meno tuttavia che non si scorgesse un certo remoto legame tra il problema da cui pigliamo le mosse e la sua risoluzione; nel qual caso non si avrebbe che un'analisi imperfetta. » D'altra parte, anche quando non si tratta se non d'insegnare ciò che già si è scoperto, « la sintesi ha il difetto di non dire il

(1) Duhamel, *Dei metodi nelle scienze di ragionamento*, parte 1ª, cap. VI.

perchè si scelga piuttosto questo che quel punto di partenza, e perchè se ne deducano piuttosto queste che quelle conseguenze. La memoria vi ha gran parte, e riesce difficile imparare e ritener bene. »

Ma, in difesa della sintesi, bisogna osservare (e il Duhamel non lo rileva abbastanza) che essa fa scorgere molto meglio l' ordine naturale, in cui le proposizioni nascono l' una dall' altra; inoltre la sintesi ci fa incominciare dalle proposizioni più semplici per salire grado grado alle più complicate. Di modo che sarebbe cosa impossibile, p. e., invertire l' ordine sintetico attualmente in uso nei trattati d' algebra e di geometria, e nessuno arriverebbe a capire le matematiche, se queste incominciassero dai teoremi più complicati per riuscire alle semplici proposizioni intuitive.

Oltre a ciò, il vero può dedursi dal falso, mentre il falso non si può dedurre dal vero. Infatti una proposizione falsa può contenere e realmente spesso contiene degli elementi di verità; ora l' applicazione della proposizione potrebbe concernere questa parte di verità, ed esser quindi giusta, quantunque logicamente dedotta da un principio falso. L' analisi esige quindi delle cautele molto sottili, se vogliamo evitare di giudicar vera una proposizione solo perchè se ne può cavare una conseguenza che è vera. Lo stesso Duhamel è costretto, per evitare questo paralogismo, a dar delle regole piuttosto complicate che occupano quasi per intero un capitolo dell' opera sua. La sintesi, per contrario, non va soggetta a questo inconveniente, e perciò contiene minor probabilità di errore. Laonde la sintesi sarà *sempre* almeno un ottimo e utilissimo controllo dell' analisi. « L' arte consiste nell' adoperare il meglio che possiamo amendue i

metodi senza fermarci esclusivamente all' uno o all' altro; e non bisogna perder di vista che, non avendo i detti metodi altro scopo se non quello di venire in aiuto all' intelligenza umana, essi devono adattarsi alquanto alle sue debolezze, e disgustarla il meno possibile. » (1)

---

(1) Questa citazione e le precedenti sono tolte dai *Metodi nelle scienze di ragionamento*, parte 1ª, cap. VI.

CAPITOLO IV.

LE SCIENZE FISICHE E NATURALI.

Teoria generale del metodo sperimentale. — Osservazione e classificazione. — Dell'ipotesi. — Dell'esperimento. — Esempii di esperimenti: esperimento di Torricelli; esperimento del Pasteur sopra i cristalli dissimmetrici; verificazione della legge di Newton. — La Caccia di Pane. — Considerazioni sperimentali speciali agli esseri viventi. — Rapporti del metodo matematico con lo sperimentale.

Teoria generale del metodo sperimentale.

65. In presenza d'una serie di fenomeni, vale a dire di sensazioni — poichè a queste si riducono in sostanza tutte le cose che noi percepiamo e che ci sembrano esistere intorno a noi —, l'umana intelligenza passa, a fine di costruire le scienze, per tre successive operazioni.

In primo luogo essa *osserva,* cioè fissa la propria attenzione sopra le sensazioni che la colpiscono, e con questo spiega sopra di loro una certa attività in luogo di rimanere nello stato passivo, in cui si trovava prima a loro riguardo. Quando tuona, il selvaggio va a nascondersi; invece lo scienziato si sforza di distinguere meglio che può i caratteri del rumore che sente e le forme dei lampi che vede. Perchè l'osservazione torni utile, bisogna procedervi con ordine e metodo; e il mezzo migliore per ottenere questo scopo consiste nel far uso della *classificazione,* che ravvicina gli oggetti e i fatti somiglianti, li distribuisce in gruppi, fa sì che noi li possiamo ritrovare a

nostra volontà senza confonderli, e dà quindi all'osservazione la stabilità necessaria perchè possa servire di punto di partenza a nuove ricerche.

In secondo luogo bisogna fare un'*ipotesi*. L'ipotesi è un atto d'imaginazione, il quale consiste nel supporre tra i fatti osservati qualche rapporto che ci sembri verosimile. «Bisogna, diceva Cartesio, supporre un ordine anche tra le cose che non sono naturalmente collegate le une colle altre» (1). Infatti dall'osservazione possiamo ben rilevare ciò che è accaduto in certi casi, ma non quello che deve succedere in tutti. Le leggi che regolano i fenomeni non cadono sotto i sensi; bisogna prima indovinarle, e la natura, simile ad una sfinge, non ci palesa i suoi segreti che a questo patto. Così Kepler suppose, per ragioni al tutto metafisiche, che gli astri, nei loro movimenti, dovevano obbedire a quelle leggi che al presente si chiamano dal suo nome. Solamente in progresso di tempo egli verificò mediante i fatti ciò che da principio non era stato che un prodotto della sua imaginazione. Cartesio meditava filosoficamente sopra il fatto che i fenomeni accadono d'ordinario secondo la linea della minor resistenza; quando gli soccorse l'idea di cercare se anche la luce non si comporterebbe in questo modo, il che lo condusse a scoprire le leggi della rifrazione. Il Pasteur si occupava a studiare le fermentazioni, quando gli sovvenne che le malattie hanno con le fermentazioni molti punti di somiglianza, e si propose il quesito se anche le malattie, come le fermentazioni, potessero avere origine da esseri organizzati. Egli procedette alle opportune esperienze, e fondò la teoria microbica o

(1) *Discorso sul metodo*, parte 2ª, regola III.

dei microrganismi. Tutte le scoperte, grandi o piccole che sieno, hanno avuto il loro germe in una ipotesi.

Ma questo germe evidentemente non basterebbe. L'umana intelligenza, sempre avida di sapere, dà vita ad un grande numero di ipotesi; ma poche solamente si riscontran vere. Bisogna dunque separare il grano dalla zizzania, ed a questo serve l'*esperimento*. Ogni ipotesi trae seco un certo numero di conseguenze; e se il rapporto, ossia la legge supposta, che costituisce l'ipotesi, non può, perchè astratta, cadere direttamente sotto i nostri sensi, le sue conseguenze, che consistono in fenomeni concreti, possono essere sottoposte al controllo dell'osservazione. Se queste conseguenze hanno luogo, l'ipotesi è giusta, altrimenti è falsa. Pertanto, dopo l'arte di imaginar delle ipotesi, la dote più grande dello scienziato consiste nel saper scegliere quelle conseguenze, il verificarsi o il non verificarsi delle quali chiarirà appieno la verità o la falsità dell'ipotesi, vale a dire nel saper procedere a degli esperimenti decisivi.

L'esperimentazione è per conseguenza l'ultimo termine del metodo sperimentale, e, per così dire, la sintesi degli altri due termini: poichè essa consiste in un'osservazione, come il primo momento del metodo, ma ne differisce in questo che è un'osservazione procurata e diretta a uno scopo determinato, cioè alla verificazione d'un' ipotesi.

66. Sebbene le tre operazioni, a cui ora abbiamo accennato, bastino per arrivare alla verità, si può tuttavia soggiungere che la scienza della natura trova il suo compimento in un' operazione superiore, che

serve a passare dal metodo sperimentale o induttivo al metodo deduttivo. Avviene infatti che, dopo d'aver ritrovato isolatamente un certo numero di leggi mediante l'induzione, vediamo che questi singoli risultati sono tra di loro uniti da certi rapporti impreveduti, che ci permettono di considerarli come corollarii di un principio unico, del quale non sospettavamo l'esistenza. Questo accordo, che ci si presenta mentre noi non lo cerchiamo, è la prova più sicura che le ipotesi particolari erano giuste e che gli esperimenti sono stati ben condotti. Arrivati che siamo a questo principio unico, possiamo prenderlo per punto di partenza, e dedurne le conseguenze in esso contenute, appunto come fanno i matematici nella loro scienza; e siccome nulla ci vieta di pensare che col tempo e coll'esperimentazione gli uomini giungano a scoprire principii sempre più universali e fors'anco un unico principio supremo, le scienze naturali dovranno gradatamente avvicinarsi alle scienze matematiche, adottandone sempre più largamente i metodi e i processi, come si fa ora in vasta misura per l'ottica, la termo-dinamica, l'acustica, e per la maggior parte delle altre teorie fisiche, e sinanco per molte questioni che appartengono al dominio della chimica.

« Tutte le proprietà fisiche, a ben raffrontarle, non ci somministrano, propriamente parlando, che un'unica e semplice cognizione. Che se molte — anzi la maggior parte, — ci sembrano separate, e noi le consideriamo come altrettante distinte verità, questo brutto vantaggio è dovuto alla insufficienza del nostro sapere; e si può ben dire in questo proposito che l'abbondanza è un effetto della stessa nostra povertà. I corpi elettrici, nei quali si sono scoperte tante curiose proprietà, che ci sembrano non avere a che far nulla l'una coll'altra,

sono forse, in un certo senso, i men conosciuti, appunto perchè ci sembrano i meglio noti. La proprietà che essi acquistano mediante lo strofinìo di attirare dei piccolissimi corpi, e quella di produrre negli animali delle fortissime scosse, a noi paiono due cose diverse; ma forse si riconoscerebbero identiche, se potessimo risalire alla loro causa. Per chi potesse abbracciarlo d'un solo sguardo, l'universo non sarebbe, se così posso esprimermi, che un fatto unico e una grande verità. » (1)

Dell'osservazione e della classificazione.

67. Riprendiamo nei loro particolari i diversi momenti che costituiscono il metodo sperimentale.

Se per fare dei buoni esperimenti è necessaria una ipotesi, per ottenere una buona osservazione è d'uopo, al contrario, discacciare accuratamente qualunque idea preconcetta.

La mente nostra deve esercitarsi sui fatti quando li possiede, ma non deve inventarli. Ciò non vuol dire che la mente debba, nell'osservare, rimanere passiva, e lasciarsi rimorchiare dalla corrente delle sensazioni esterne; l'attenzione colla quale essa le considera, e che le dà il modo di ben discernere i fatti osservati, è un'attività altrettanto reale, quantunque meno apparente, di quella che consiste nelle manipolazioni meccaniche. Un'osservazione ben fatta, dice lo Herschel, comprende due parti: la descrizione esatta del fenomeno osservato e la notazione dettagliata di tutte le particolari circostanze che sembrano avere con esso un qualche rapporto. Laonde, quando osserviamo, dobbiamo aver cura « di tenere in attività tutti i nostri sensi » acciocchè loro non isfugga

(1) D'Alembert, Prefazione all'*Enciclopedia*, 48.

nulla di quanto può impressionarli. « Se il fulmine, a cagion d'esempio, colpisse la casa dove abitiamo, bisognerebbe notare qual sia stata la specie di fuoco che abbiamo veduto, cioè se è stata una fiamma, oppure delle scintille che procedevano a zig-zag, qual direzione prendeva la folgore, a quali oggetti si appigliava, di che colore era, quanto durò, ecc. Bisognerebbe inoltre indicare quale specie di suono produceva, se un'esplosione, un fruscìo, o un lampo momentaneo, e se è cresciuto o si è gradatamente indebolito. Bisognerebbe dire se il fulmine mandava qualche odore, e, in caso affermativo, dire se l'odore era sulfureo o metallico o semplicemente proveniente dalle sostanze consumate dal fulmine. Finalmente bisognerebbe indicare se abbiamo provato qualche scossa o qualche particolare sensazione, o avvertito in bocca qualche strano sapore. E oltre agli effetti dello scoppio, è necessario esporre tutte le circostanze che hanno potuto contribuire a determinarlo o a modificarlo, come la presenza di corpi conduttori, gli oggetti circonvicini, lo stato dell'atmosfera, le indicazioni barometriche e termometriche e la disposizione delle nubi. Conosciute tutte queste circostanze, resta a sapere in qual modo sia stata colpita la casa, potendo darsi che ciò sia accaduto in seguito ad un così detto contraccolpo, cioè in causa d'un fulmine scoppiato dalla terra alle nubi. » (1)

68. Quando si conoscono bene i fatti, bisogna procedere alla loro elaborazione, cioè a ordinarli per renderli comprensibili alla nostra intelligenza. Questo primo lavoro, che è il necessario complemento del-

(1) HERSCHEL, *Filosofia naturale*, parte seconda, cap. IV.

l'osservazione, consiste nel classificare gli esseri o le proprietà che abbiam prima osservate. — La classificazione può, a prima giunta, sembrare uno strumento di lavoro adatto soltanto alle scienze naturali; e infatti gli è in queste scienze che se ne fa uso principalmente, e d'altra parte queste medesime scienze non hanno ancora progredito abbastanza nella conoscenza del loro oggetto per valersi dei processi superiori del metodo, sia induttivo che matematico. Inoltre la classificazione degli esseri viventi presenta un grandissimo interesse in causa delle questioni d'origine che essa solleva, come quella del trasformismo, della unità o pluralità delle specie, dei rapporti tra la natura organica e l' inorganica. Ma tale operazione non è perciò meno comune a tutto il metodo induttivo, qualunque ne sia l'oggetto; e a questo proposito non vi è, tra le diverse scienze della natura, che una differenza di maggiore o minor progresso. In realtà tutte, prima di spiegare, incominciano dal classificare. E una certa classificazione la vediamo anche nella divisione delle figure e delle curve matematiche, che vengono raggruppate in famiglie; la vediamo pure nella ripartizione dei fenomeni fisici in diverse classi: luce, calore, elettricità; finalmente la chimica ci presenta, nella sua nomenclatura, un esempio di classificazione molto caratteristico, e che dimostra assai bene, coi progressi scientifici che a lui si devono, l'utilità generale di questa operazione.

69. « Appena l'uomo ha acquistato un certo numero di nozioni sopra un oggetto qualsivoglia, inclina naturalmente a disporle in un ordine determinato a fine di meglio possederle, di ritrovarle e di comunicarle ad altri, bisognando. Questa è

l'origine delle classificazioni, che non solamente apportano all'uomo i vantaggi testè accennati, ma contribuiscono benanco ad accrescere la somma delle sue cognizioni relativamente agli oggetti di cui egli si occupa, forzandolo a considerare questi oggetti sotto diversi aspetti, e conducendolo a scoprire per tal modo nuovi rapporti, di cui altrimenti non avrebbero potuto avvedersi.

« Si sono distinte due specie di classificazioni: le *naturali* e le *artificiali*. In queste ultime, alcuni caratteri scelti arbitrariamente servono a determinare il posto di ciascun oggetto; e, facendosi astrazione da tutti gli altri caratteri, spesso gli oggetti si trovano vicini o lontani nella maniera più strana. Nelle classificazioni naturali, invece, si tien conto di tutti quanti i caratteri essenziali degli oggetti di cui ci occupiamo, discutendo l'importanza di ciascuno di essi; e i risultamenti di questo lavoro non sono adottati, se non quando gli oggetti che presentano maggiore analogia sono anche i più vicini tra di loro, e quando i gruppi dei varii ordini, in cui son distribuiti gli oggetti, sono tra di loro più vicini quanto più simili sono i caratteri che essi presentano, in modo che da ciascun gruppo al gruppo seguente vi è sempre una specie di passaggio più o meno sensibile.

« Appunto perchè le classificazioni artificiali si fondano sopra caratteri scelti arbitrariamente, se ne possono imaginare quante se ne vogliono. Ma tali differenti sistemi, che si succedono e scompaiono come le onde marine, lungi dal contribuire al progresso delle scienze, non servono che a produrvi una dannosa confusione. Il loro principale inconveniente consiste in questo, che coloro che adottano siffatte classificazioni non esaminano negli oggetti se non ciò che ha relazione col sistema di classificazione da loro seguito. Gli è per questo che i discepoli di Linneo spesso non tenevano conto, quando descrivevano gli animali e i vegetali, che dei caratteri risguardanti il sistema del loro maestro. Le classificazioni naturali invece, appunto perchè si giovano di tutti i caratteri che si riscontrano negli oggetti, esigono che questi vengano considerati sotto tutti i possibili aspetti e studiati in tutti i loro rapporti, e condu-

ESEMPIO DI MODIFICAZIONI SUCCESSIVE D'UNA CLASSIFICAZIONE NATURALE.

IL REGNO ANIMALE.

Classificazione di Linneo	Classificazione di Cuvier	Classificazione attuale
I. Mammalia	Mammiferi	I. Vertebrati — Mammiferi
II. Aves	Uccelli	I. Vertebrati — Uccelli
III. Amphibia	Rettili, Batracii	I. Vertebrati — Rettili, Batracii
IV. Pisces	Pesci	I. Vertebrati — Pesci
V. Insecta	II. Articolati	II. Artropodi, III. Vermi
VI. Vermes	III. Molluschi	IV. Tunicati, V. Molluschi
	IV. Zoofiti	VI. Echinodermi, VII. Celenterati, VIII. Spongiarii, IX. Protozoi (Infusorii, Rizopodi)

cono così alla conoscenza più completa, a cui l'uomo possa arrivare.

« Ma questa istessa necessità di studiare a fondo gli oggetti, dei quali ci occupiamo, fa sì che, man mano che si scoprono dei nuovi rapporti, bisogna modificare le classificazioni, il che tende ad avvicinarle sempre più alla perfezione, alla quale non potranno pervenire se non quando l'uomo saprà tutto quanto si riferisce agli oggetti classificati..... Io mi limiterò a far notare quanto diversamente proceda chi cerca di fare una classificazione veramente naturale in confronto di chi tenta una classificazione artificiale. Quest'ultimo, che sceglie ad arbitrio i caratteri su cui fondarla, prende dapprima quelli delle prime divisioni, secondo le quali stabilisce le successive suddivisioni; l'altro per contrario deve incominciare dalle ultime suddivisioni, che constano di un minor numero d'individui, le analogie dei quali sono più evidenti e più facili a determinare. Riunendo poi quelle suddivisioni che più sembrano somigliarsi, stabilisce le divisioni dell'ordine precedente e così non giunge che in ultimo luogo alle grandi divisioni, che erano state il punto di partenza del primo. Solamente dopo questo lavoro, chi attende ad una classificazione naturale potrà provarsi a determinare i caratteri che serviranno a definire ciascun gruppo. In questo modo, solamente dopo che Bernardo de Jussieu ebbe distribuito in famiglie naturali i generi già formati da Linneo e da' suoi predecessori, si potè procedere alla classificazione di queste famiglie, e cercare nel numero dei cotilédoni, nell'inserzione degli stami, nella presenza o assenza della corolla i caratteri secondo i quali si dovevano definire i gruppi che componevano questa classificazione. » (1)

Dell'ipotesi.

70. « Ogni iniziativa sperimentale ha radice nell'idea, poichè è l'idea che provoca l'esperimento. La ragione o il ragiona-

(1) A. M. Ampère, *Saggio sulla filosofia delle scienze*, Introduzione, § 1 e 2.

mento non servono che a dedurre delle conseguenze da questa idea, e a sottometterle all'esperimento.

« Un'idea anticipata, vale a dire un'ipotesi, è dunque il punto necessario di partenza di ogni ragionamento sperimentale. Altrimenti non si potrebbe fare investigazione alcuna nè istruirsi; non si potrebbero che accumulare delle sterili osservazioni. Se si *esperimentasse* senza alcuna idea preconcetta, si camminerebbe alla cieca; ma d'altra parte, come abbiamo già notato, se *osservassimo* con delle idee preconcette, noi faremmo delle cattive osservazioni e correremmo rischio di scambiare colla realtà i pregiudizii della nostra mente.

« Le idee sperimentali, come lo vedremo in appresso, possono avere origine sia da un fatto osservato casualmente sia da un tentativo d'esperimento, e possono infine derivare, come corollarii, da una teoria già ammessa. Per ora è necessario notare solamente che l'idea sperimentale non è nè arbitraria nè puramente imaginaria; essa deve sempre appoggiarsi sopra la realtà osservata, vale a dire sulla natura. L'ipotesi sperimentale deve sempre, insomma, essere fondata sopra un'*osservazione* anteriore.

« Non esistono regole mediante le quali si possa far nascere nella nostra mente, in seguito ad una data osservazione, una idea giusta e feconda, la quale sia per l'esperimentatore una specie di anticipazione intuitiva della mente verso una ricerca coronata da buon successo. Una volta che l'idea si sia prodotta, si può soltanto dire in qual modo bisogna sottometterla a dei principii definiti e a quelle regole di logica rigorosa, dalle quali nessun esperimentatore potrebbe scostarsi; ma l'apparizione dell'idea è stata al tutto spontanea, e la sua natura è al tutto individuale. Essa è un sentimento particolare, un *quid proprium* che costituisce l'originalità, la facoltà inventiva e il talento di ciascuno. Un'idea nuova si presenta come un nuovo e inatteso rapporto che la mente scorge tra le cose. Non v'ha dubbio che tutte le intelligenze umane si rassomigliano, e che in tutti gli uomini possono nascere delle idee simili provocate da certi rapporti semplici degli oggetti, che tutti possono scorgere. Ma, come avviene dei sensi, non tutte le intelligenze hanno la

stessa forza e la stessa penetrazione, e vi sono dei rapporti astrusi e difficili, che non possono essere avvertiti, afferrati e svelati che dalle intelligenze più acute, meglio organizzate naturalmente, o circondate da un ambiente che le predispone in modo favorevole.

« Per conseguenza il metodo sperimentale non potrà dare idee nuove o feconde a chi non ne ha per sè stesso; esso servirà soltanto a dirigere le idee di coloro che ne hanno, a fine di ottenerne i migliori risultamenti possibili. L'idea è il seme; il metodo è il terreno che gli fornisce le condizioni necessarie al suo sviluppo e che gli permettono di prosperare e di dare i migliori frutti secondo la sua natura. Ma, come nel terreno non può mai nascere se non ciò che vi si semina, così, mediante il metodo sperimentale, non si possono sviluppare che le idee trattate con esso metodo. Il quale per sè solo non produce nulla, ed è un errore di certi fisolofi l'avere esagerata in questo senso la potenza del metodo.

« Gli uomini che hanno il presentimento di nuove verità sono rari; in tutte le scienze, la maggior parte di coloro che vi attendono, sviluppa e studia le idee trovate da quei pochi. Coloro che fanno delle *scoperte* sono i promotori di idee nuove e feconde. Generalmente chiamasi scoperta la cognizione d'un fatto nuovo; ma io credo che la scoperta consista realmente nell'idea che va unita al fatto scoperto. In sè stessi, i fatti non sono nè grandi nè piccoli. Una grande scoperta è un fatto che ha dato origine a delle idee luminose, le quali hanno dissipate molte oscurità e rivelate molte vie che non si conoscevano. Altri fatti invece, sono bensì nuovi, ma non ci insegnano che poche cose; essi costituiscono delle piccole scoperte. Finalmente si danno dei fatti nuovi, i quali, sebbene siano stati accuratamente osservati, pure nulla ci apprendono di nuovo, e rimangono, pel momento, isolati e sterili per la scienza. Questi fatti si potrebbero denominare fatti materiali o bruti.

« La scoperta consiste adunque nell'*idea nuova* che sorge a proposito d'un fatto nuovo trovato per caso o come che sia. Per conseguenza, un metodo per fare delle scoperte non può esistere, non potendo le teorie filosofiche dare la facoltà inven-

tiva e la perspicacia della mente a coloro che non la posseggono, nello stesso modo che la cognizione delle teorie acustiche oppure ottiche non può dare un buon udito o una buona vista a chi ne è privo per natura. I buoni metodi non possono che insegnarci a sviluppare e a meglio utilizzare le facoltà che la natura ci ha accordate, mentre i metodi cattivi possono impedirci di trarne buon profitto. Gli è perciò che il genio inventivo, tanto prezioso nelle scienze, può essere danneggiato e perfino annullato da un cattivo metodo, mentre un buon metodo può accrescerlo e svilupparlo. Insomma, un buon metodo favorisce lo sviluppo scientifico e premunisce lo studioso contro le tante cause d'errori che egli incontra nella ricerca della verità: è questo il solo oggetto che possa aver di mira il metodo sperimentale » (1).

L'esperimento.

71. « La prima condizione, a cui deve soddisfare uno scienziato che si dedica all'investigazione dei fenomeni naturali, si è quella di conservare una perfetta libertà di mente fondata sul dubbio filosofico. Non bisognerebbe tuttavia che egli cadesse nello scetticismo; bisogna credere alla scienza, vale a dire al determinismo, ossia al rapporto assoluto e necessario delle cose, (2) tanto nei fenomeni proprii agli esseri viventi quanto in tutti gli altri; ma bisogna nello stesso tempo esser ben convinti che noi non possediamo questo rapporto che in un

---

(1) Claudio Bernard, *Introduzione allo studio della medicina sperimentale*, II, 2. Parigi, G. B. Baillière editore, 1865.

Claudio Bernard (1813-1878), professore di fisiologia alla Facoltà delle Scienze, quindi al Collegio di Francia, e finalmente al Museo. Fu senatore, membro dell'Accademia delle Scienze, dell'Accademia Francese e dell'Accademia di Medicina. Lasciò moltissimi lavori di fisiologia: oltre l'*Introduzione allo studio della medicina sperimentale*, scrisse le *Lezioni di fisiologia sperimentale*, *Lezioni sui tossici*, *Lezioni sul sistema nervoso*, *Lezioni sulle proprietà dei tessuti viventi*, *Sulla fisiologia generale*, *Lezioni sugli anestetici*, *Lezione sul calore animale*, ecc., e finalmente un'opera intitolata: *La scienza sperimentale*, da non confondere coll'*Introduzione*.

(2) È il principio di Cartesio già enunciato al n. 65.

modo più o meno approssimativo, e che le teorie a cui crediamo sono ben lontane dal rappresentare delle verità immutabili. Allorchè noi costruiamo una teoria scientifica generale, la sola cosa di cui possiamo essere certi si è che siffatte teorie, assolutamente parlando, son tutte false. Esse non sono in realtà che verità parziali e provvisorie, che ci sono necessarie come altrettanti gradini, sopra i quali riposiamo per inoltrarci nell'investigazione; esse non rappresentano che lo stato attuale delle nostre cognizioni, e dovranno, per conseguenza, modificarsi col progresso della scienza, e modificarsi tanto più spesso quanto la scienza speciale, di cui si tratta, è meno inoltrata nella sua evoluzione. D'altra parte le nostre idee ci vengono, come già dicemmo, alla vista dei fatti, che abbiamo osservati e quindi interpretati. Ma innumerevoli cause di errore possono insinuarsi nelle nostre osservazioni, e, malgrado ogni nostra attenzione e perspicacia, non siamo mai sicuri d'aver veduto tutto, perchè spesso i mezzi dell'osservazione o ci mancano o sono troppo imperfetti. Da tutto questo consegue che, se il ragionamento ci è di guida nella scienza sperimentale, esso non ci impone però di accettare le sue conclusioni. La nostra mente può rimaner sempre libera di accoglierle o di discuterle. Se un'idea ci si presenta, noi non dobbiamo respingerla solamente perchè essa non è d'accordo colle conseguenze logiche d'una teoria dominante. Noi possiamo seguire il nostro modo di pensare, e lasciar libero corso alla nostra imaginazione, a patto che tutte le nostre idee siano altrettante occasioni per istituire delle nuove esperienze, che possano fornirci dei fatti decisivi, o inaspettati e fecondi....

« Il gran principio sperimentale è dunque il dubbio, cioè il dubbio filosofico, che lascia alla mente la sua libertà e la sua iniziativa, e dal quale derivano le più preziose doti d'un investigatore in fisiologia e in medicina. Non bisogna credere alle nostre osservazioni nè alle nostre teorie che con beneficio d'inventario sperimentale. Quando si crede troppo, la mente è legata e ristretta dalle conseguenze del suo stesso ragionamento; essa non può più agire liberamente, e perde quell'iniziativa che è propria di chi sa svincolarsi da una fede cieca alle teorie,

la quale, in sostanza, non è altro che una specie di superstizione scientifica....

« Nell'educazione scientifica importerebbe moltissimo il distinguere, come noi faremo più avanti, il determinismo, che è il principio assoluto della scienza, dalle teorie, le quali non sono che principii relativi, ai quali non si deve, nella ricerca della verità, accordare che un valore provvisorio. In poche parole: le teorie non vanno insegnate come altrettanti dogmi o altrettanti articoli di fede. Col credere esageratamente alle teorie, si dà un'idea falsa della scienza, si sovracarica e s'inceppa la mente togliendole la libertà, soffocandone l'iniziativa e abituandola ai sistemi...

« Riassumendo: nella scienza sperimentale vi son due cose da considerare: il metodo e l'idea. Il metodo ha per iscopo di dirigere l'idea, che s'affretta all'interpretazione dei fenomeni naturali e alla ricerca del vero. L'idea deve sempre restare indipendente, e non bisogna incepparla mediante credenze o scientifiche o filosofiche o religiose; bisogna essere animosi e liberi nel manifestare le proprie idee, seguire l'impulso della mente, e non badare alla puerile tema di trovarsi in contraddizione colle teorie. Se ben si posseggono i principii del metodo sperimentale, non si deve aver paura di nulla, poichè, fin che l'idea è giusta, si può continuare a svilupparla; se è erronea, l'esperimento interviene a correggerla. Bisogna dunque saper risolvere le questioni, anche a rischio di sbagliare. Alla scienza, come è stato detto, si rende maggior servizio coll'errore che non colla confusione; il che vuol dire che bisogna spingere avanti le idee senza timore sino al massimo del loro sviluppo, purchè si badi a ben dirigerle e a controllarle mediante l'esperimento. L'idea, insomma, è il motore d'ogni ragionamento tanto nelle scienze quanto in ogni altra cosa. Ma l'idea deve sempre essere sottoposta ad un criterio. Nelle scienze, questo criterio è il metodo sperimentale o l'esperimento, criterio indispensabile, che noi dobbiamo applicare tanto alle nostre idee che a quelle degli altri » (1).

---

(1) Claudio Bernard, *Introduzione allo studio della medicina sp.*, II, 3.

Esempio di esperimento.

72. « I fisici del medio evo insegnavano, seguendo Aristotele, che l'aria è pesante relativamente al fuoco, ma leggiera relativamente all'acqua e alla terra, e che in natura il vuoto è impossibile. Soggiungevano che la natura, per impedire il vuoto, di cui essa ha orrore *perchè tende a distruggerla*, mette in opera parecchi mezzi. Galileo, che ha combattuto dappertutto i principii della fisica peripatetica, scriveva nella grande opera, in cui fondò la Dinamica, cioè nei *Dialoghi sulle scienze nuove*, pubblicati nel 1638, che la leggerezza non si riscontra forse in nessun corpo materiale; e citava due esperimenti, mediante i quali egli credette dimostrare che l'aria è assolutamente pesante, e che il suo peso equivale a $^1/_{400}$ del peso dell'acqua.

« Erasi fatta fabbricare una pompa aspirante per estrarre l'acqua da una cisterna con meno fatica di quella che dovevasi durare adoperando le secchie. Finchè l'acqua arrivava, nella cisterna, ad una certa altezza, saliva in abbondanza; ma quando scendeva sotto un certo livello, la pompa non funzionava più.

« Credetti da principio — dice uno dei personaggi del dialogo di Galileo, che riferisce questo fatto — che lo stantuffo fosse guasto, e pregai il fontaniere di ripararlo. Ma il fontaniere mi disse che lo stantuffo non era guasto per nulla, ma che l'acqua erasi troppo abbassata per poter salire all'altezza di prima; e soggiunse che nè colle pompe nè con altre macchine che fanno salire l'acqua per attrazione, non era possibile elevarla un capello più alto di 18 braccia, fossero le pompe più o meno larghe, perchè questa misura rappresentava la maggiore altezza, a cui l'acqua potesse arrivare. — Ed io, che so che una corda, una mazza di legno, una verga di ferro, a forza di allungarsi finisce per rompersi in causa del proprio peso, sono stato così poco perspicace da non pensare che il medesimo, e a più forte ragione, sarebbe accaduto d'una corda o d'una verga d'acqua! — Che cosa è infatti ciò che viene attirato nella pompa, se non un cilindro d'acqua, che, attaccato per l'estremità superiore, sempre più allungandosi, giunge in-

fine ad un'altezza, al di là della quale, stirato dal proprio peso che è divenuto soverchio, si rompe precisamente come se fosse una corda? Lo stesso accadrebbe, a parer mio, d'altri liquidi, come il mercurio, il vino, l'olio, ecc. Essi verrebbero troncati ad un'altezza maggiore o minore di 18 braccia, in proporzione inversa del loro peso specifico paragonato a quello dell'acqua, sempre misurando tali altezze in linea perpendicolare » (1).

« Il Torricelli, riflettendo su questo passo di Galileo, capì quello che Galileo non aveva detto espressamente, cioè che, continuando a sollevare lo stantuffo, oltre le 18 braccia, dovrebbe esserci uno spazio vuoto tra la superficie inferiore dello stantuffo e la superiore dell'acqua aspirata, e pensò che servendosi, giusta l'indicazione di Galileo, del mercurio in luogo dell'acqua, si potrebbe ottenere questo vuoto in un tubo di vetro più comodamente che con una pompa da acqua. Egli comunicò quest'idea al Viviani, che la mandò ad effetto; e l'esperimento riuscì.

« Il Torricelli comprese (2) inoltre che il peso dell'aria doveva essere la causa che sosteneva il mercurio nel tubo, e scrisse al suo amico e allievo Michelangelo Ricci la seguente lettera, che porta la data dell'11 giugno 1644:

« Ho già annunziato a V. S. che si stava facendo un esperimento di fisica sul vuoto, non già per ottenere semplicemente il vuoto, ma per avere uno strumento che potesse indicare i cambiamenti dell'aria ora più pesante e densa, ora più leggiera e sottile. Molte persone hanno affermato che il vuoto è impossibile, altre hanno detto che il vuoto è possibile, ma non senza fatica e resistenza della natura. Nessuno, a mia notizia almeno, ha mai detto che si può fare il vuoto senza fatica e senza incontrare resistenza da parte della natura. Ora io ragiono così: *se io riuscissi a trovare* una causa manifesta, dalla quale deriva la resistenza che si sente quando si

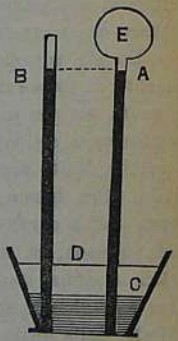
---

(1) GALILEO GALILEI, *Dialoghi delle scienze nuove*. Opere complete, edizione Alberi, XIII, 20.

(2) Sarebbe forse più esatto il dire *suppose* oppure *indovinò*, poichè in questo consiste appunto l'ipotesi del presente esperimento, come si rileva dalle parole sottolineate della lettera citata.

vuol fare il vuoto, sarebbe inutile, a parer mio, attribuire al vuoto un effetto che deriva evidentemente da un altra cagione... Ora noi viviamo immersi in un oceano d'aria, e noi sappiamo da esperimenti incontrastabili che l'aria è pesante, e sappiamo eziandio che l'aria densa che è vicina alla superficie della terra ha un peso eguale a $^1/_{400}$ di quello dell'acqua. Dall'altra parte, gli autori che hanno parlato del crepuscolo, hanno osservato che l'aria visibile e carica di vapori si eleva al disopra di noi per 50 o 54 miglia circa, misura che io credo esagerata, perchè potrei dimostrare che, se fosse vera, il vuoto dovrebbe opporre molto maggior resistenza di quello che non faccia in realtà. Ben mi si potrebbe obiettare che il peso, di cui parla Galileo, deve intendersi solamente della regione più bassa in cui vivono gli uomini e gli animali, ma che sulle alte montagne l'aria, incominciando ad essere molto pura, pesa assai meno che $^1/_{400}$ dell'acqua.

« Si son fatti fare molti tubi di vetro uguali a quelli indicati colle lettere A e B, robusti e lunghi due braccia. Questi tubi, riempiti di mercurio e capovolti in un bagno pure di mercurio, si vuotavano in parte senza che nulla vi entrasse; e tuttavia il tubo A C restava pieno sino all'altezza d'un braccio e un dito. Per far vedere che lo spazio non occupato dal mercurio era perfettamente vuoto, si riempiva d'acqua il bacino sino in D, e si sollevava lentamente il tubo; quando l'estremità inferiore arrivava all'acqua, vedevasi il mercurio discendere dal tubo, cui l'acqua andava a riempire con una estrema rapidità fino in E. — Quando la parte A E del tubo era vuota, e il mercurio si manteneva, sebbene molto pesante, all'altezza A, ecco in che modo si ragionava: fino ad ora si è creduto che la forza che impedisce al mercurio di ricadere fosse racchiusa in A E e dovuta al vuoto; ma io sostengo che questa forza viene dal di fuori. Sopra la superficie del liquido che sta nel bacino pesa una quantità d'aria che ha



un'altezza di 50 miglia. Qual meraviglia che il mercurio, che non ha nè inclinazione nè avversione per il tubo C E, vi entri e vi si elevi sin che fa equilibrio al peso dell'aria esterna che lo spinge? In un tubo simile, ma molto più lungo, l'acqua dovrà elevarsi a 18 braccia circa (cioè a tante volte l'altezza del mercurio quante volte il mercurio è più pesante dell'acqua) per fare equilibrio alla stessa forza che agisce tanto sull'uno che sull'altra.

« Questo ragionamento è stato confermato dall'esperienza eseguita contemporaneamente col tubo A e col tubo B, nella quale il mercurio si fermava sempre allo stesso livello segnato dalla linea orizzontale punteggiata AB; segno quasi certo che la forza non è interiore, poichè in questo caso vi sarebbe una forza d'attrazione maggiore nel tubo AE, dove dovrebbe trovarsi maggior quantità di materia rarefatta e dotata di forza attrattiva molto più energica, perchè la materia è rarefatta in più alto grado nel rigonfiamento E di quello che lo sia nel piccolo spazio che sovrasta a B.

« Con la scorta di questo principio ho tentato di risolvere tutte le difficoltà che s'incontrano trattando dei diversi effetti attribuiti al vuoto, e sin qui tutto è proceduto senza ostacoli. Alla S. V. verranno senza dubbio in mente molte obiezioni; ma spero che, pensandoci sopra, ella potrà risolverle. — Non ho potuto però riuscire in ciò che era il mio scopo principale, cioè a conoscere per mezzo dei detti tubi quando l'aria sia più densa e pesante e quando più sottile e leggiera. Il livello AB varia per un'altra cagione, alla quale io non avevo pensato, cioè per il freddo e il caldo, e le variazioni sono piuttosto notevoli, precisamente come se lo spazio AE fosse pieno d'aria.

« Accetti la S. V. i sensi del mio profondo rispetto » (1).

Altro esempio.

73. Quando il Pasteur era allievo della Scuola Normale, e vi attendeva specialmente alla chimica sotto la direzione del Delafosse, l'Accademia delle scienze

(1) *Giornale di Fisica*, anno 1872, vol. I, pag. 172. Il brano è tratto da una nota di Carlo Thurot sull'esperimento del Torricelli.

ricevette dal mineralogista Mitscherlich di Berlino una comunicazione assai strana, e che non poteva a meno di suscitare grande meraviglia in una mente rigorosa e convinta che nella scienza non vi sono fatti irrazionali [3]. La comunicazione dello scienziato tedesco suonava così:

« Il paratartarato e il tartarato di soda e d'ammoniaca hanno la stessa composizione chimica, la stessa forma cristallina coi medesimi angoli, lo stesso peso specifico, lo stesso angolo degli assi ottici. Sciolti nell'acqua, presentano la stessa rifrazione. Ma la soluzione del tartarato fa divergere il piano di polarizzazione, mentre il paratartarato è indifferente, come ha trovato il Biot per tutta la serie di queste due specie di sali. Soltanto che in questo caso la natura, il numero, la disposizione e la distanza degli atomi sono identici nei due corpi paragonati ».

Se tutti i caratteri ottici e cristallografici dei detti due sali erano perfettamente identici, salvo uno solo, ne rimaneva violato il principio di ragion sufficiente. La differenza tra il tartarato e il paratartarato, dal punto di vista della loro azione sulla luce polarizzata, era un fenomeno senza cagione e perciò inintelligibile. Bisognava quindi che o i principii supremi della ragione sbagliassero, il che era impossibile, oppure che tutte le scoperte di Haüy e di Dumas sulla disposizione delle molecole nei cristalli fossero false, il che era grandemente inverosimile; oppure finalmente che la differenza d'azione dei due corpi potesse essere spiegata da una differenza nella loro costituzione geometrica, differenza di cui il Mitscherlich non si fosse avveduto. Questo appunto si assunse di dimostrare il Pasteur. Egli era stato appena nominato aggiunto preparatore a quel laboratorio della Scuola Normale che egli doveva poi tanto illustrare; e per

dilucidare la difficoltà incontrata, imprese a rifare tutte le esperienze cristallografiche del sig. de la Prevostaye sull'acido tartarico, l'acido paratartarico e le loro combinazioni saline.

Mentre attendeva a questo, fu colpito da un fatto fino allora inavvertito: esaminando accuratamente una bella cristallizzazione d'acido tartarico da lui ottenuta, notò che i cristalli erano tutti di forma *dissimmetrica*, e che lo stesso accadeva di tutti i composti del detto acido. Viceversa, l'acido paratartarico e tutti i suoi derivati presentavano dei cristalli simmetrici.

« Questo doppio risultato riempì il Pasteur della più grande soddisfazione », racconta un ben noto scrittore che compose la biografia di quel grande scienziato, pubblicandola poi senza nome d'autore. « Egli vide la possibilità di ottenere mediante l'esperimento la spiegazione della difficoltà che il Mitscherlich aveva annunziata come una specie di sfida alla scienza segnalando una differenza ottica tra due combinazioni chimiche, le quali sembravano dover essere rigorosamente identiche dall'insieme di tutti gli altri loro caratteri. Dal momento che io trovo, diceva il Pasteur, l'acido tartarico e tutti i tartarati privi di piano simmetrico, mentre il suo isomero, cioè l'acido paratartarico e le sue combinazioni lo posseggono, mi affretterò a preparare il tartarato e il paratartarato, di cui parla il Mitscherlich, e paragonerò le loro forme; verisimilmente il tartarato sarà dissimmetrico, cioè privo del piano di simmetria; il paratartarato invece sarà simmetrico. Allora, l'identità assoluta annunziata dal Mitscherlich tra le forme di queste due combinazioni, non esisterà più. Egli si sarà ingannato su questo punto, e il mistero della sua nota sarà spiegato. Siccome l'azione ottica propria ai tartarati, della quale si parla nella sua nota, si traduce in una deviazione a destra del piano di polarizzazione, questa sarà una specie di dissimmetria, che non avrà nulla d'incompatibile con la dissimmetria della forma. Al contrario,

queste due dissimmetrie potranno essere riferite ad una stessa causa; allo stesso modo l'assenza di dissimmetria nella forma del paratartarato sarà collegata colla neutralità ottica della combinazione.

« Le cose non andarono che in parte come lo aveva sperato il Pasteur. Il tartarato di soda e d'ammoniaca presentò, come tutti gli altri tartarati, la dissimmetria che si manifesta mediante l'assenza di qualunque piano simmetrico, vale a dire che la forma di questo sale, posta davanti ad uno specchio, produceva un'imagine che non le era sovrapponibile. Gli era come se una mano destra avesse per sua imagine la sinistra. Quanto al paratartarato di soda e d'ammoniaca, una circostanza colpì il Pasteur in modo al tutto inatteso. Lungi dal constatare, sopra questi sali, l'assenza di ogni dissimmetria, riconobbe che essa esisteva in tutti indistintamente. Ma (cosa strana) certi cristalli la presentavano in un senso, certi altri nel senso opposto. Se si collocavano alcuni di questi cristalli davanti ad uno specchio, essi riproducevano l'imagine degli altri, e l'una di queste specie di cristalli si confondeva rigorosamente, per la forma, colla forma del tartarato preparato coll'acido tartarico dell'uva. Allora il Pasteur ragionò come segue: Dal momento che non vi è differenza alcuna tra la forma del tartarato preparato coll'acido tartarico dell'uva e quella di una delle specie dei cristalli che si depongono al momento della cristallizzazione del paratartarato, io separerò manualmente, mediante l'osservazione della dissimmetria a loro propria, tutti i cristalli della cristallizzazione del paratartarato che troverò identici a quelli del tartarato. Allora dovrei riuscire, coi processi chimici ordinarii, a estrarre un acido tartarico identico all'acido tartarico dell'uva, con tutte le sue proprietà fisiche, mineralogiche e chimiche, vale a dire un acido tartarico che abbia, come l'acido tartarico naturale dell'uva, la dissimmetria della forma e l'azione sulla luce polarizzata. Viceversa, dalla seconda specie di cristalli associati ai precedenti nella cristallizzazione paratartarica, dovrei ottenere un acido riproducente l'acido tartarico ordinario, ma avente una dissimmetria in senso inverso e un'azione parimente inversa sopra la luce polarizzata.

« Con ardore febbrile, il Pasteur si accinse ad eseguire questo doppio esperimento. Qual non fu la sua soddisfazione, allorchè egli vide realizzarsi le sue previsioni, e realizzarsi con una precisione veramente matematica! Egli ne fu tanto colpito, che uscì immediatamente dal laboratorio. Appena passata la soglia, incontrò il preparatore di fisica, e lo abbracciò dicendogli:

« Ho fatto poc'anzi una grande scoperta! ho separato il doppio paratartarato di soda e d'ammoniaca in due sali di dissimmetria inversa e d'azione inversa sul piano di polarizzazione della luce. Il sale destro è in tutto e per tutto identico al tartarato destro. Ne sono così contento, che mi trovo preso da un tremito nervoso il quale m'impedisce di rimettere l'occhio all'apparato di polarizzazione. Andiamo al Luxembourg; strada facendo, le spiegherò meglio la cosa ».

« Questi risultamenti attrassero grandemente l'attenzione dell'Accademia delle scienze, di cui facevano parte uomini come Arago, Biot, Dumas, Senarmont e Balard. Si può dire senza esagerazione che l'Accademia ne rimase meravigliata. Ciò non ostante, molti de' suoi membri non credettero in sulle prime alla realtà della scoperta. Il Biot, che era stato incaricato di farne relazione, incominciò dall'esigere una scrupolosa verificazione di tutti i fatti annunciati. A questo controllo egli procedette colla sua abituale precisione non iscompagnata da una specie di diffidenza sospettosa.

« Il Biot mi chiamò a casa sua, narrava il Pasteur in una delle sue lezioni, e mi consegnò dell'acido paratartarico che egli stesso aveva studiato diligentemente e riscontrato perfettamente neutro verso la luce polarizzata. E non fu già al laboratorio della Scuola normale, ma in sua presenza e nella sua cucina, che io dovetti preparare il sale doppio servendomi di soda e ammoniaca da lui stesso fornita. Il liquido fu abbandonato ad una lenta evaporazione, e a capo di dieci giorni si formarono da 30 a 40 grammi di cristalli. Allora il Biot mi pregò di andare al Collegio di Francia a fine di raccogliere la cristallizzazione e separare le due specie di cristalli che io dovevo poi mettere gli uni alla sua destra, gli altri alla sinistra, non senza aver prima ripetuta la dichiarazione che i primi

avrebbero deviato a destra, i secondi a sinistra. Fatta la dichiarazione, il Biot mi disse che al resto avrebbe pensato lui. Egli preparò quindi le soluzioni in dosi opportune, e, venuto il momento di esaminarle nell'apparecchio di polarizzazione, m'invitò di nuovo a recarmi nel suo gabinetto. Pose dapprima nell'apparecchio la soluzione più interessante, cioè quella che doveva deviare a sinistra. Senza nemmeno prender nessuna misura, e alla sola vista dei colori che assumevano le due imagini, l'ordinaria e la straordinaria dell'analizzatore, egli vide che vi era una forte deviazione a sinistra. Allora l'illustre vecchio, visibilmente commosso, mi prese per un braccio e mi disse: « Figliuol caro, io ho tanto amato le scienze durante la mia vita, che in questo momento mi batte il cuore! »

« Mio giovane amico, diceva di lì a qualche tempo il Biot al Pasteur, presentandolo al Mitscherlich, voi potete vantarvi d'aver fatto qualche cosa di grande scoprendo ciò che è sfuggito ad un tal uomo.

« — Io avevo studiato, soggiunse il Mitscherlich non senza un certo tono di rincrescimento, e rivolgendo la parola al Pasteur, io avevo studiato con tanta cura e perseveranza, e nei più piccoli particolari, i due sali che furono l'argomento della nota da me presentata all'Accademia, che se voi avete scoperto ciò che io non ho saputo trovare, bisogna dire che siate stato guidato da un'*idea preconcetta*.

« E il Mitscherlich aveva ragione: questa idea preconcetta il Pasteur avrebbe potuto formularla così: una dissimmetria nella disposizione molecolare interna d'una sostanza chimica, deve manifestarsi in tutte le sue proprietà esterne, capaci esse stesse di dissimmetria. » (1)

Altro esempio.

74. « Uno dei principii sperimentali, sui quali il Newton ha basato il suo sistema della gravitazione universale, è questo, che la forza colla quale la terra attrae i corpi terrestri è pro-

(1) PASTEUR, *Storia d'uno scienziato scritta da un ignorante*. Parigi, Hetzel editore.

porzionale alla massa dei corpi stessi; in altre parole, che questi corpi, sotto l'influenza dell'attrazione della terra, soggiacciono ad accelerazioni uguali.

« Il Newton ha appoggiato questo principio a degli esperimenti da lui imaginati, e dai quali si conclude che corpi di natura diversa, p. e. l'oro, l'argento, il piombo, il vetro, la sabbia, il sal da cucina, l'acqua, il grano, il legno, eseguiscono, sopra archi di cerchio uguali, oscillazioni isocrone, cioè di ugual durata (1). Quanto al limite d'incertezza, che questi esperimenti lasciano sussistere sull'uguaglianza della forza acceleratrice che agisce sopra i corpi ora menzionati, il Newton la calcola a un millesimo della forza totale.

« Il desiderio di restringere questa incertezza entro più angusti confini, mi ha fatto procedere agli esperimenti di cui oggi darò ragguaglio. Mi è sembrato che non fosse cosa superflua l'adoperare un metodo acconcio a rivelare una differenza tra i vari corpi, che fosse anche molto minore di $^1/_{1000}$. Poichè il sistema di Newton non è matematicamente necessario, la sua reale esistenza come sistema della natura non può essere dimostrata in modo assoluto; essa non può essere stabilita che con un grado di maggiore o minore probabilità, il quale dipende dalla maggiore o minore esattezza delle esperienze. Io ho determinato l'azione della gravità sopra dodici sostanze: l'oro, l'argilla, il piombo, il ferro, lo zinco, l'ottone, il marmo, l'argento, il quarzo, l'acqua, il ferro meteorico e la pietra meteorica. Ho voluto che le due ultime sostanze figurassero nello elenco dei corpi, sui quali ho sperimentato, perchè può darsi che esse non siano d'origine terrestre, e perchè è possibile concepire una differenza dell'azione della gravitazione sopra i corpi terrestri e gli extra-terrestri.

[Seguono qui sessanta pagine di misurazioni eseguite colla

(1) La velocità, colla quale un pendolo ritorna alla sua posizione d'equilibrio, da cui è stato allontanato, non è se non un caso particolare della accelerazione che la Terra gli imprimerebbe se lo si lasciasse cadere liberamente, la qual cosa permette di paragonare fra loro le durate delle oscillazioni dei corpi in luogo di paragonare le durate delle cadute, come fece direttamente Galileo in un esperimento celebre, ma poco esatto.

maggior possibile precisione e nelle condizioni le più svariate.]

« Gli esperimenti che ho testè esposti non lasciano alcuna ragione per supporre che la lunghezza del pendolo semplice a minuti secondi dipenda dalla natura del corpo oscillante. Questi esperimenti confermano dunque la legge che le attrazioni, a cui soggiacciono i corpi terrestri, sono proporzionali alle loro masse.

« Se per una sola o per parecchie delle sostanze, sulle quali si è sperimentato, si fosse trovata una variazione superiore al limite probabile di un errore d'osservazione, sarebbe stato utile il proseguire le ricerche, sia per accertare la variazione, sia per dimostrare che era cagionata da un errore nell'esperimento. Ma poichè le differenze sono sempre rimaste al di sotto di questi limiti, e che il controllo ottenuto mediante il confronto dei due pendoli dell'apparecchio mette fuori di dubbio l'esattezza dei risultamenti ottenuti per ciascuna specie di sostanza, non ho creduto necessario accrescere ulteriormente il numero già grande degli esperimenti. Perciò non ho fatto uso dei pezzi di ferro meteorico del Messico e della Siberia, che il prof. Weiss aveva messi a mia disposizione: la certezza di trovare per tutte le sostanze la medesima lunghezza del pendolo, era diventata così grande in forza degli esperimenti già eseguiti, che non mi son creduto autorizzato a togliere a quei rarissimi pezzi una parte notevole del loro valore riducendoli alla forma richiesta dalle esperienze » (1).

La caccia di Pane.

75. Nella storia della scienza Francesco Bacone è considerato unicamente come l'inventore delle tre

(1) Estratto da una memoria del Prof. F. W. Bessel di Königsberg stampata nel 1830 e ripubblicata nella Collezione di Memorie edita dalla Società francese di fisica, vol. V. — Ci è sembrato interessante citare queste esperienze, malgrado il loro risultato negativo, considerando l'idea critica che vi domina, e il rilievo in cui mettono l'esattezza nelle misurazioni necessarie alla scienza fisica.

tavole di presenza, di assenza e di gradazioni, riprese e sviluppate dallo Stuart Mill sotto il nome di metodo di concordanza, di differenza e di variazione concomitante. Questo giudizio è ingiusto. Usando esclusivamente dei processi esposti dallo Stuart Mill, la scienza induttiva si ridurrebbe ad un formalismo ristretto quanto quello della scolastica; ed egli stesso è costretto a riconoscerlo in un Capitolo della sua Logica intitolato « Della pluralità delle cause e della mescolanza degli effetti ». Al contrario, Bacone ha ben veduto la grandissima molteplicità di forme che poteva rivestire l'induzione, dal semplice giudizio di possibilità, che è al disotto delle regole dello Stuart Mill, alle leggi matematiche del cosmo, che le trascendono. Bacone ha compreso che la sola condizione necessaria per una scoperta è l'esistenza d'un'ipotesi capace di trasformare l'osservazione empirica in *experientia litterata*, vale a dire in un esperimento guidato da un'idea direttrice. « Tentare degli esperimenti senza nesso e senza metodo, è un andare a tastoni; ma quando lo si fa con un certo ordine e in vista d'uno scopo determinato, gli è come se qualcuno ci guidasse per mano » (1). Ma, fatta questa eccezione, Bacone lascia piena libertà alla ricerca e alla verificazione. Che ciascuno inventi pure nuovi modi per variare i fenomeni, a fine di studiarne il contenuto: la scienza non potrà che guadagnarne. Lo scienziato non deve lasciarsi rinchiudere in un quadro già prima preparato, e che non può convenire alla infinità della natura. L'empirismo volgare s'inganna continuamente perchè non riesce a vedere se non quello che gli sta davanti. « Gli è come se Samuele

(1) *De dignitate et augmentis scientiarum*, V. 2.

si fosse limitato a vedere quelli tra i figli d'Isaia che si trovavano in casa, e non avesse domandato nessuna informazione intorno a Davide, che allora era nei campi » (1). Nel *Novum Organum* Bacone distingue fino a 27 specie d'*instances* (2), vale a dire di modi per voltare e rivoltare i fatti a fine di vederne i rapporti sotto tutti i possibili aspetti; e nel particolare esempio che egli ne dà nell'opera citata, applica sì felicemente questo ricchissimo metodo, da giungere — non ostante il piccolo numero dei fatti allora conosciuti — a definire il calore *motus celer inter partes minores,* il che corrisponde sostanzialmente all'idea che del calore ci dà la fisica moderna. Per intravedere la ipotesi, inseguirla e impadronirsene, dice Bacone nel *De dignitate,* è necessaria una specie di odorato e di sagacia, che è la dote essenziale del ricercatore; e gli è per questo che, togliendo alla mitologia simbolica il nome del Dio che rappresenta l'universo (τὸ πᾶν), egli dà il nome di *caccia di Pane* all'arte di andarsene così in cerca della verità seguendone le traccie, moltiplicando e rivoltando in tutti i sensi i fatti sottoposti a esperimento, finchè a forza di pazienza e di perseveranza si arrivi a impadronirsi della preda.

76. « L'esperimentare ben diretto, ossia la caccia di Pane, tratta delle diverse maniere di procedere agli esperimenti. Essendo noi convinti che quest'arte è sconosciuta, e d'altra parte non essendo punto facile afferrarla a colpo d'occhio, noi ne daremo qualche idea, secondo il nostro solito, e conforme al no-

---

(1) *De dignitate*, V, 2. Le opere di Bacone sono piene di citazioni della Scrittura e di paragoni tratti dalla mitologia.

(2) *Instantia*, forma latinizzata nell'inglese *instance*, che significa « esempio » o, meglio, « caso ».

stro divisamento. I principali processi del metodo sperimentale sono i seguenti: variazione dell'esperienza, prolungamento dell'esperienza, traslazione dell'esperienza, rovesciamento dell'esperienza, compulsione dell'esperienza, applicazione dell'esperienza, e finalmente casi fortuiti dell'esperienza.

« La variazione dell'esperimento può aver luogo: 1.° riguardo alla materia, cioè quando un esperimento già conosciuto, ma nel quale ci siamo quasi sempre occupati d'una certa specie di materia, si tenta sopra altre materie analoghe alla prima. Così, per la fabbricazione della carta, non si sono finora provati che gli stracci di lino, ma non i tessuti di seta, salvo forse nella China, nè le materie filamentose composte di seta e di peli d'animali, con cui si fabbrica quella stoffa che noi chiamiamo cambellotto, nè finalmente i tessuti di lana e di cotone nè le pelli, sebbene queste tre ultime materie, paragonate colle prime, possano sembrare troppo eterogenee: laonde sarebbero forse meno utili adoperate da sole che miste alle altre. Parimente l'innesto degli alberi da frutto è una pratica comune; ma l'innesto degli alberi selvatici è stato raramente tentato. Eppure si dice che l'olmo, innestato sopra un altro olmo, dà foglie bellissime e un'ombra meravigliosa. 2.° La variazione può aver luogo nella causa efficiente. Per esempio, l'intensità del calore dei raggi solari è accresciuta mediante gli specchi ustorii al segno da far prender fuoco alle materie molto combustibili: ora io domando se l'azione dei raggi lunari non potrebbe, mediante questi stessi specchi, essere accresciuta in modo da produrre un debole grado di calore, allo scopo di sapere se tutti i corpi celesti posseggono la facoltà di riscaldare. Parimente gli specchi ustorii aumentano l'intensità del calorico raggiante; il calorico opaco, come quello emesso dai metalli e dalle pietre prima che siano riscaldati fino all'incandescenza, questo calorico, dico, sarebbe forse suscettibile d'essere accresciuto col mezzo dei detti specchi? o bisogna piuttosto credere che in questi fenomeni abbia parte la luce? Medesimamente il succino (1) ed il giavazzo, quando sono

(1) Ambra gialla.

strofinati, attirano le pagliuzze: le attirerebbero anche se fossero alquanto riscaldati avvicinandoli al fuoco? 3.° La variazione dell'esperimento può aver luogo nella quantità della materia, il che esige moltissime precauzioni e sottili diligenze, poichè questa parte è soggetta a facilissimi errori, credendosi comunemente che basti aumentare la quantità della materia per accrescerne in proporzione l'effetto; e questo pregiudizio vien convertito in una supposizione, anzi in un postulato, come se fosse dotato di certezza matematica, la qual cosa è invece assolutamente falsa. Una palla di piombo del peso d'una libbra che si lascia cadere dall'alto d'una torre, impiega un certo tempo per scendere a terra — poniamo dieci battute di polso —; una palla del peso di due libbre — nella quale la forza, cioè il movimento che si chiama naturale, deve essere doppio — arriverà a terra in cinque battute di polso? No; ma il tempo della sua caduta sarà presso a poco uguale a quello della prima, e il suo moto non sarà per nulla accresciuto in proporzione dell'aumento della sua massa. Parimente una dramma (1) di zolfo, a cagion d'esempio, mescolata a mezza libbra d'acciaio, lo rende liquido e scorrevole; un'oncia di zolfo, mescolata a quattro libbre d'acciaio, basterà per renderlo liquido? Ecco che cosa si domanda. Ma in questo caso il fatto non va punto d'accordo col ragionamento, essendo certo che, quando si aumenta proporzionalmente la quantità di materia dell'agente e del paziente, la qualità refrattaria della materia aumenta in maggior proporzione nel paziente che non la virtù nell'agente: così avviene che il troppo ci fa illusione non meno del troppo poco. Laonde non si dovrebbe mai dimenticare quello scherzo di Esopo sopra una donna che sperava di ottenere due uova invece di un solo raddoppiando la quantità di cibo che somministrava giornalmente alla sua gallina. Che ne avvenne? Che la gallina ingrassò e non depose più uova. Perciò non si deve prestare soverchia fede a qualsivoglia esperimento, prima d'aver pro-

(1) Cioè un ottavo d'oncia, secondo le vecchie misure inglesi, come scrive il Saigey. L'oncia è un dodicesimo della libbra detta « dei farmacisti », che equivale a grammi 373.

vato gli effetti della più grande e della più piccola quantità. Ma questo basti circa la variazione dell'esperimento.

77. « Il prolungamento dell'esperienza può aver luogo in due modi: per ripetizione e per estensione, vale a dire che si può o reiterare semplicemente l'esperienza, o spingerla sino ad un certo grado di sottigliezza. Ecco un esempio della ripetizione. Lo spirito di vino è il prodotto d'una sola distillazione del vino; esso è più attivo e più forte del vino stesso. Ora si domanda: questo medesimo spirito di vino, se lo si distillasse e sublimasse, non diverrebbe ancor più forte? Ma tale ripetizione lascia luogo anch'essa a degli errori: poichè ora l'effetto della seconda distillazione non pareggia quello della prima, ora l'effetto di siffatte reiterazioni dell'esperienza si riduce a questo, che, quando l'operazione è giunta ad un certo grado, ad un certo *maximum*, la natura, invece di progredire, incomincia a tornare indietro: perciò questa specie di procedimenti esige molto discernimento. — Ecco ora un esempio di estensione: se in un vaso, riempito parzialmente di vino commisto ad acqua, s'immerge un altro vaso che contenga dell'acqua solamente nella sua parte superiore, dove essa si trovi come sospesa, e che termini in un tubo strettissimo e d'una certa lunghezza; se questo tubo, dico, s'immerge nel vaso inferiore; l'acqua si separerà dal vino, il quale andrà a poco a poco ad occupare la parte alta del vaso superiore, mentre l'acqua andrà ad occupare il fondo del vaso inferiore: si domanda ora se, come il vino e l'acqua, che sono due corpi differenti, possono essere separati con questo mezzo, così le parti più sottili del vino, che forma un corpo solo, potrebbero essere separate dalle parti più grossolane, in modo che in virtù del solo peso si operasse una specie di distillazione, e si trovasse nella parte alta del vaso superiore un liquido simile allo spirito di vino, ma forse più raffinato.

78. « La traslazione dell'esperimento può accadere in tre modi: o trasportandolo dalla natura o dal caso all'arte; o da un'arte o pratica ad un'altra arte o ad un'altra pratica, o

da una parte d'una determinata arte ad una diversa parte di questa medesima arte. Gli esempi di traslazione dalla natura o dal caso all'arte sono innumerevoli tanto, che quasi tutte le arti meccaniche sono partite da piccolissimi principii dovuti alla natura o al caso. Un antico proverbio diceva: « Uva contro uva matura più presto », il che fu spesso applicato ai servigi vicendevoli dell'amicizia. Da noi, quelli che fabbricano il sidro sanno benissimo mettere in pratica questo proverbio, perchè prima di schiacciare le mele o di metterle nel torchio, le lasciano per qualche tempo ammucchiate, affinchè il contatto maturi meglio i frutti, il che corregge l'eccessiva acidità della bevanda. Così l'iride (1) naturale prodotta da una nube carica di pioggia, si imita coll'aspersione di una sufficiente quantità d'acqua divisa in piccole goccie. Così l'arte del distillare ha forse avuto origine dall'osservazione delle regioni superiori, cioè dei fenomeni della pioggia e della rugiada, oppure dal fatto comunissimo delle gocciole che si depositano sui piatti che si posano sopra una pentola piena d'acqua bollente. Ma chi avrebbe osato accingersi ad imitare il fulmine e i lampi, se il coperchio del famoso monaco (2), lanciato in aria con tanta violenza e rumore, non ne avesse fornita la prima idea? Ora, più gli esempi di questo genere abbondano, meno bisogno vi è di citarne. Ma, per poco che gli uomini si fossero curati di istituire delle ricerche veramente utili, essi avrebbero dovuto attendere ad osservare le operazioni e i processi della natura, a considerarli uno ad uno nei loro più minuti particolari, poi a meditarci sopra pensandovi e ripensandovi continuamente a fine di scorgere che cosa si possa dalla natura trasportare nelle arti: poichè la natura è lo specchio dell'arte Quanto agli esperimenti che potrebbero essere trasportati da un'arte ad un'arte diversa o da una pratica ad un'altra pratica, essi non son meno numerosi, sebbene questa traslazione non sia guari usata. La natura noi l'abbiamo sempre davanti, mentre i procedimenti delle varie

---

(1) Arco baleno.

(2) Barthold Schwarz, frate tedesco del XIV secolo, al quale una tradizione poco sicura attribuisce l'invenzione della polvere da sparo.

arti non sono conosciuti se non da coloro che le professano. A questo proposito vogliam dare un consiglio generale: nulla sarebbe più atto a produrre una pioggia, per così dire, d'invenzioni utili e, quel che è più, nuove e quasi mandate dal cielo, quanto il prendere provvedimenti tali, che gli esperimenti di moltissimi uomini venissero a cognizione d'un solo uomo o d'un piccolo numero d'uomini, i quali, conversando tra di loro, si scambierebbero delle idee e si aiuterebbero a vicenda: così che, coll'aiuto dell'esperimento ben diretto, di cui parliamo in questo luogo, le arti potessero fomentarsi e, per così dire, accendersi reciprocamente mescolando i loro raggi. »

79. « Si rovescia l'esperimento quando, dopo d'aver constatato sperimentalmente un fatto, si cerca altresì la prova del contrario. Gli specchi, a cagion d'esempio, aumentano l'intensità del calore; si domanda se possano aumentare anche l'intensità del freddo. Medesimamente il calore, che si diffonde in tutti i sensi, tende tuttavia di preferenza a portarsi dal basso all'alto; il freddo, diffondendosi, ha una tendenza verso le parti basse? Si prenda, per esempio, una verga di ferro, e la si riscaldi ad una delle estremità; poscia disponetela verticalmente mettendo in basso la parte riscaldata; ciò fatto, se si avvicina la mano alla parte superiore, si avverte un forte calore, ma se si mette in alto la parte riscaldata e si applica la mano in basso, il calore sarà molto minore. Supponiamo inoltre che si riscaldi tutta la verga, e che se ne immerga una estremità nella neve o la si bagni con una spugna imbevuta d'acqua fredda, si domanda se, qualora la neve o la spugna si applichi all'estremità superiore, il freddo scenderà in basso più prontamente di quel che salirebbe se si raffreddasse l'estremità inferiore (1). Similmente i raggi del sole si riflettono sul bianco e si disperdono, mentre si concentrano sul nero: bisogna ricercare se anche

(1) La *natura ascendente* del calore e del fuoco, ammessa dai fisici antichi come una qualità irreducibile, consiste nel fatto che, siccome i corpi col riscaldamento si dilatano, divengono meno densi e più facilmente vengono spinti in alto, come si vede negli strati d'aria e d'acqua inegualmente riscaldati.

le ombre si disperdano sopra un corpo nero e si concentrino sopra un bianco, il che appunto vediamo accadere in una camera oscura, dove si fa entrare la luce per un foro piccolissimo e dove le imagini degli oggetti esteriori si proiettano sopra una carta bianca, ma non già sopra una carta nera. Ciò basti intorno al rovesciare l'esperimento. »

80. « La compulsione dell'esperimento ha luogo allorquando esso viene spinto fino al punto da annullare o da far scomparire totalmente la virtù che lo produce: poichè nelle altre specie di caccie noi ci limitiamo a prendere l'animale; in questa invece lo si uccide. Ecco un esempio di compulsione: la calamita attira il ferro; modifichiamo dunque il ferro in tutte le guise possibili, e modifichiamo altresì la calamita finchè non abbia più luogo l'attrazione. Vediamo, per esempio, se la calamita, sottoposta all'azione del fuoco o macerata nelle acque forti, resti priva totalmente della sua virtù o ne perda la maggior parte. Vediamo al contrario se il ferro, convertito in zafferano di marte (1) o in quella sostanza che è nota sotto il nome di acciaio preparato, o finalmente disciolto nell'acqua forte, sia ancora attirato dalla calamita. Inoltre, la calamita attira il ferro attraverso a tutti i mezzi da noi conosciuti, cioè sia che vi si interponga dell'oro, dell'argento, del vetro ecc.; si cerchi bene finchè si trovi qualche sostanza che intercetti questa virtù, posto che tale sostanza esista (2). Si provi col mercurio, si provi coll'olio, colle gomme, coi carboni ardenti, insomma con tutte le altre sostanze, alle quali non si è finora ricorso. Medesimamente si sono inventati in questi ultimi tempi certi strumenti d'ottica che ingrandiscono prodigiosamente i piccoli oggetti; se ne spinga l'uso fino agli estremi limiti possibili applicandoli da un lato a degli oggetti così piccoli che gli strumenti non arrivino più a renderceli visibili, dall'altro lato ad oggetti così grandi che le immagini ne riescano confuse.

---

(1) Questo termine indica, nelle antiche farmacopee, diverse preparazioni che hanno per base l'ossido o il perossido di ferro, mescolato, secondo i casi, ad alcool, zolfo o antimonio.

(2) Finora non se ne conoscono.

Del resto noi non insisteremo sopra queste compulsioni dell'esperimento perchè escono quasi dai limiti dell'esperimento ben diretto, ed hanno piuttosto relazione colle cause, cogli assiomi e col *Novum Organum:* poichè, ogniqualvolta si può stabilire una negativa, una privativa od una esclusiva, s'incomincia già ad intravedere la scoperta delle forme » (1).

81. « L'applicazione d'un esperimento non è che una ingegnosa traslazione dell'esperimento stesso a qualche cosa di utile. Eccone un esempio: ogni corpo ha il suo volume e il suo peso determinato; l'oro ha maggior peso e minor volume dell'argento. Lo stesso avviene dell'acqua confrontata col vino. Da ciò si trae un esperimento utile, il quale consiste nel riempire successivamente ed esattamente una determinata misura con diverse materie, che poi si pesano con la maggior possibile precisione. Con questo mezzo si viene a conoscere quanto argento sia mescolato coll'oro, quant'acqua sia mescolata col vino, il che fu precisamente il caso dell'εὕρηκα di Archimede. Così le carni si guastano più presto in certe dispense che in certe altre. Sarebbe utile cavare da questo esperimento un mezzo per conoscere le diverse specie d'aria, più o meno salubri, allo scopo di abitare di preferenza i luoghi ove le carni sono più a lungo preservate dalla putredine. Un'altra applicazione che se ne potrebbe fare sarebbe quella di poter distinguere i periodi dell'anno più salubri o pestilenziali; e il numero di queste

(1) Il *Novum Organum* ha per oggetto principale la scoperta della *forma*, la quale non è un'entità, ma solamente la disposizione meccanica invisibile, che pei nostri sensi si traduce in una qualità o proprietà data. Così la *forma* del suono è il movimento vibratorio dell'aria; la forma del calore è un rapido movimento molecolare, e così via. Bacone si serve altresì, per indicare quest'idea, dei termini *natura* e *causa*, e alle volte anche di parafrasi, come *schematismus latens* e *processus latens*, la prima delle quali espressioni s'applica agli stati, l'altra ai movimenti. « La scoperta della forma d'una qualità data, della sua vera differenza, della sua natura naturante o finalmente della sua sorgente d'emanazione — poichè noi non troviamo che questi termini per indicare approssimativamente ciò che intendiamo —, questa scoperta, dico, è la propria opera e lo scopo della scienza umana ». *Novum Organum*, II, aphor. 1.

facili applicazioni è infinito: bisogna soltanto che gli uomini si sveglino, e volgano gli sguardi ora alla natura delle cose, ora all'utile dei loro simili. Ma questo basterà circa l'applicazione degli esperimenti. »

82. « La copulazione dell'esperimento consiste in quel legame e in quella concatenazione di applicazioni, che ha luogo allorquando certe cose, che da sole non sarebbero utili, si fanno diventar tali riunendole. Se, per esempio, si vogliono ottenere delle rose o dei frutti a stagione avanzata, si giunge a questo scopo troncando i boccioli più precoci; si riesce al medesimo effetto scoprendo le radici e lasciandole esposte all'aria fino a primavera avanzata; ma la riuscita è molto più sicura adoperando questi due mezzi riuniti. Parimente il ghiaccio e il nitro posseggono in grado eminente la facoltà di raffreddare, ma questa facoltà si aumenta di molto quando sono usati contemporaneamente, il che è universalmente conosciuto. Senonchè anche in questa materia è possibile cadere in qualche errore, come in tutti gli esperimenti nei quali non si prende per guida il lume degli assiomi: per esempio se si riunissero delle sostanze che agiscono in modi molto diversi o che sembrano elidersi a vicenda. »

83. « Rimangono dunque i casi fortuiti dell'esperimento. Ora questa maniera di procedere a dei tentativi ha un non so che di irragionevole e di pazzo: poichè che cosa vi può essere, a prima vista, di più irragionevole che il tentare un esperimento, al quale non siamo guidati dalla ragione o da un altro fatto, ma solamente perchè nulla di simile è mai stato tentato? Tuttavia potrebbe darsi che sotto questa stessa stravaganza si celasse un non so che di veramente grande, voglio dire il proposito di non lasciare inesplorato nessun angolo della natura: poichè tutti i segreti della natura sono fuori dalle strade frequentate e dalla sfera delle nostre cognizioni. Ma se la ragione presiedesse a così fatti tentativi, vale a dire se, pur sempre accertandosi che nulla di simile è mai stato tentato, si avesse qualche importante ragione per tentare, allora tali

ardimentosi tentativi avrebbero con sè grandi vantaggi e potrebbero forzare la natura a rivelare il suo segreto. Del resto, a proposito di questo genere d'esperimento, devesi inoltre badare ad un'altra avvertenza, e questa è che non bisogna mai scoraggiarsi per qualche tentativo non riuscito, e rinunziare ad ogni ricerca, perdendo, come si suol dire, la testa. Il buon successo, non v'ha dubbio, riesce più lusinghiero e produce maggiore compiacenza; ma la più gran parte dei tentativi, anche se falliscono, non lasciano per questo di essere istruttivi, e mai non bisogna perdere di vista quello che noi ci sforziamo continuamente d'inculcare, cioè che bisogna molto più curarsi degli esperimenti che allargano l'orizzonte della scienza anzichè di quelli che offrono vantaggi d'immediata utilità. — E questo è quanto noi abbiamo a dire sopra l'esperimento ben diretto, il quale, come abbiam già accennato, è una specie di sagacia, un odorato di cane da caccia piuttosto che una vera scienza. Nulla diremo per ora del *Novum Organum*, e non è nostra intenzione di darne qui un'idea anche lontana: poichè, non vi essendo dubbio che questo è l'argomento più grande della filosofia, noi ci proponiamo, se non ci verrà meno il divino favore, di comporre sopra di esso un'opera completa » (1).

Considerazioni speciali agli esseri viventi.

84. « Abbiamo veduto nel capitolo precedente che lo scopo del metodo sperimentale si è di giungere al determinismo dei fenomeni, di qualunque natura siano, vitali o minerali. Sappiamo inoltre che ciò che noi chiamiamo *determinismo* d'un fenomeno non significa altro se non la *causa determinante* o la *causa prossima* che determina l'apparizione dei fenomeni. Così si ottengono necessariamente le *condizioni d'esistenza* dei fenomeni, sopra le quali l'esperimentatore deve agire per far variare i fenomeni stessi. Laonde noi consideriamo come equivalenti le diverse espressioni testè citate, tutte riassunte nella parola determinismo.

(1) Bacone, *De dignitate*, lib. V, cap. II.

« È verissimo, come abbiam già detto, che la vita non introduce assolutamente differenza alcuna nel metodo scientifico sperimentale che deve essere applicato allo studio dei fenomeni fisiologici, e che, da questo punto di vista, le scienze fisiologiche e le scienze fisico-chimiche, si fondano esattamente sopra gli stessi principii di investigazione. Tuttavia bisogna riconoscere che il determinismo, nei fenomeni della vita, è non soltanto un determinismo complicatissimo, ma è nello stesso tempo un determinismo armonicamente gerarchico.

« Il fisiologo e il medico non devono dunque mai dimenticare che l'essere vivente costituisce un organismo e una individualità. Il fisico e il chimico, non potendo collocarsi fuori dell'universo, studiano i corpi e i fenomeni isolatamente e per loro stessi, senz'essere costretti a riferirli al complesso della natura. Ma il fisiologo che si trova, al contrario, fuori dell'organismo animale, di cui vede l'insieme, deve tener conto dell'armonia di questo complesso nello stesso tempo che egli tenta di penetrare nel suo interno per comprendere il meccanismo di ciascuna parte. Da questo viene che il fisico e il chimico possono respingere, nei fatti da loro osservati, ogni idea di causa finale, mentre il fisiologo è tratto ad ammettere, nel corpo organizzato, una finalità armonica e prestabilita, di cui tutte le azioni parziali sono solidali e generatrici le une dalle altre. Bisogna dunque assodar bene che, se si decompone l'organismo vivente isolando le sue diverse parti, ciò non avviene che per la maggior facilità dell'analisi sperimentale, e non per concepirle separatamente. Infatti, allorchè si vuol dare ad una proprietà fisiologica il suo valore e il suo vero significato, bisogna sempre riferirla all'insieme, e non cavarne conclusioni definitive che relativamente a' suoi effetti in esso insieme.

« La vita ha la sua essenza primitiva nella forza di sviluppo organico, forza che costituiva la natura medicatrice di Ippocrate e l'*archeus faber* di von Helmont. Ma, qualunque sia l'idea che si ha della natura di questa forza, essa si manifesta sempre in concorso e parallelamente a delle condizioni fisico-chimiche proprie ai fenomeni vitali. Gli è dunque mediante lo studio delle particolarità fisico-chimiche che il medico capirà le indi-

vidualità come altrettanti casi speciali contenuti nella legge generale, e ivi troverà, come dappertutto, una generalizzazione armonica della varietà nell'unità. Ma siccome il medico tratta la varietà, deve sempre tentare di determinarla ne' suoi studi e di comprenderla nelle sue generalizzazioni.

« Se bisognasse definire la vita mediante una sola parola, la quale, esprimendo bene il mio pensiero, mettesse in rilievo il solo carattere, che, a mio parere, distingue nettamente la scienza biologica, io direi: la vita è la *creazione*. Infatti l'organismo creato è una macchina che funziona necessariamente in virtù delle proprietà fisico-chimiche de' suoi elementi costituenti. Ora nelle proprietà, che si manifestano nei fenomeni degli esseri viventi, noi distinguiamo tre ordini: proprietà fisiche, proprietà chimiche e proprietà vitali. Anche quest'ultima denominazione di proprietà vitali, non è che provvisoria: poichè noi chiamiamo vitali le proprietà organiche che non abbiamo ancora potuto ridurre a delle considerazioni fisico-chimiche; ma certamente un giorno vi riusciremo. Laonde quello che caratterizza la macchina vivente non è già la *natura* delle sue proprietà fisico-chimiche, per complesse che siano, ma sì bene la *creazione* di questa macchina, la quale si sviluppa sotto i nostri occhi in condizioni a lei proprie e secondo un'idea definita, che esprime la natura dell'essere vivente e dell'essenza stessa della vita.

« Quando un pollo si sviluppa in un uovo, la forza vitale non è caratterizzata essenzialmente dalla formazione del corpo animale, in quanto è un raggruppamento di elementi chimici. Questo raggruppamento non avviene che in forza delle leggi che governano le proprietà fisico-chimiche della materia; ma ciò che entra essenzialmente nel dominio della vita, e non appartiene nè alla fisica nè alla chimica nè a nessun'altra cosa, è l'idea direttrice che presiede all'evoluzione vitale.

« In ogni germe vivente vi è un'idea creatrice che si sviluppa e si manifesta mediante l'organismo. Per tutta la sua durata, l'essere vivente resta sotto l'influenza di questa stessa forza vitale creatrice, e la morte sopraggiunge quando essa non può più sussistere. Qui, come altrove, tutto deriva dall'idea, che

sola crea e dirige; i mezzi di manifestazione fisico-chimici sono comuni a tutti i fenomeni della natura e rimangono in disordine e confusi, come i caratteri dell'alfabeto nelle casse delle stamperie, dove una forza va a ricercarli e a sceglierli per esprimere il pensiero in tutti i suoi più complicati aspetti » (1).

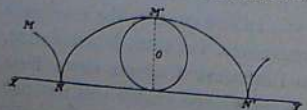
Rapporto tra le scienze sperimentali e le matematiche dal punto di vista del metodo sperimentale.

85. Il matematico deduce sempre, almeno quando tratta veramente la matematica; ma qualche volta è accaduto che si son scoperte dapprima sperimentalmente certe proprietà delle figure e dei numeri, e che non si è riusciti se non molto più tardi a dimostrarle con un metodo diretto. Così Galileo, sapendo *a priori* che doveva esistere un rapporto determinato tra la cicloide e il suo circolo generatore (2), ricorse, per conoscerlo, a un processo fisico. Prese una lamina di metallo di spessore uguale più che gli fu possibile, ne ritagliò parecchie cicloidi, ciascuna col circolo corrispondente, e le pesò. Il peso di ciascuna cicloide risultò triplo di quello del circolo, dal che Galileo concluse che tripla doveva pur essere l'area, il che fu poi dimostrato direttamente, cioè

---

(1) Claudio Bernard, *Introduzione ecc.*, parte 2.ª, cap. II, § 1.

(2) Se noi supponiamo che un circolo O giri sopra una retta fissa XY, chiamasi cicloide la curva MN M'N' generata da un punto della circonferenza di esso circolo, che perciò dicesi circolo generatore. — L'area che Galileo proponevasi di misurare nel problema in questione, era determinata dai punti NM'N'.



con un vero ragionamento matematico, dal Roberval (1).

La maniera di procedere, a cui ricorse Galileo per trovar l'area della cicloide, è il tipo del metodo, di cui gli scienziati si valgono nelle scienze naturali. Noi stabiliamo *a priori* che il mondo, secondo quanto disse il d'Alembert, è un problema di meccanica. Ma noi non abbiamo mai gli elementi necessari per risolverlo *a priori*, sia che ci manchino i dati stessi del problema, sia che la complicazione delle equazioni superi ogni nostra abilità. Perciò noi studiamo il mondo pigliandolo dal suo esterno in luogo che dal suo interno, il che produce molti svantaggi; anzitutto perchè introduce nelle nostre ricerche moltissime cagioni d'errore, come: ottusità dei sensi, imperfezione degli strumenti, accidenti che si possono verificare nell'osservare e nello sperimentare, tutti inconvenienti, a cui le matematiche non vanno soggette; poi perchè, servendoci di questi mezzi, noi non arriveremo mai a conoscere la vera ragione delle cose, perchè i ragionamenti matematici mostrano come le verità scaturiscano le une dalle altre, ma l'esperimento no; e anche supponendo che noi

(1) Quantunque un tal modo di procedere sia sommamente pericoloso e aleatorio, i matematici vi ricorsero spesso, poichè, insomma, esso val sempre meglio che niente. Ma i matematici si son sempre dati cura di osservare che siffatto metodo non può condurre a certezza alcuna circa la esattezza dei risultati, la quale dipende dalla precisione, sempre limitata, degli stromenti, e per conseguenza non può riuscire rigorosa che casualmente. Laonde Eulero, in una memoria, il cui titolo è molto espressivo (*De inductione ad plenam certitudinem evehenda*), scrive quanto segue: « Notum est plerumque numerorum proprietates primum per solam inductionem observatas, quas deinceps geometrae solidis demonstrationibus confirmare elaboraverunt; quo negotio in primis Fermatius summo studio et satis felici successu fuit occupatus. » (*Acta Academiae scientiarum Petropolitanae*, 1780, parte 2ª).

non ci ingannassimo sul risultato finale, esso ci sarà imposto come un fatto brutale, che noi dobbiamo accettare. La dimostrazione di Galileo non ci fa sentire alcuna necessità; essa non ci dice *perchè* il rapporto cercato sia tre piuttosto che due e mezzo o tre e un quarto. E lo stesso si dica di tutte le leggi della natura: il contrario continua a sembrarci possibile e concepibile; noi sappiamo ciò che è, ma non ciò che fa in modo che la cosa debba essere così. E, in paragone delle matematiche, questa è una grande inferiorità.

86. Il principio, sul quale noi ci appoggiamo per indurre, si è che noi potremmo dedurre, se la nostra intelligenza fosse più capace e le nostre cognizioni più estese (1). Da ciò nasce che il fisico e il naturalista abbandonano l'induzione, appena lo possono, e ricorrono al ragionamento deduttivo, cioè alle matematiche. « Provo grande piacere e soddisfazione, diceva lo Young (2), quando mi sento superiore alla necessità di fare degli esperimenti ». E questa era anche l'opinione di Cartesio; pel primo egli ha fatto vedere che tutte le scienze della natura sono una matematica diretta o indiretta. Questa ferma persuasione costituisce tutta la forza del suo Metodo e di tutto il metodo sperimentale.

« Le lunghe catene di ragionamenti semplicissimi e facili, di cui sogliono servirsi i geometri per giungere alle loro più

---

(1) La giustificazione completa di questa proposizione trovasi nell'articolo *Osservazioni sul principio di causalità* (*Revue philosophique*, ottobre 1890).

(2) Fisico inglese, che pel primo previde ed effettuò il fenomeno dell'interferenza dei raggi luminosi.

difficili dimostrazioni, mi avevano fatto pensare che tutte le cose che possono cadere sotto la conoscenza dell'uomo sieno tra di loro allacciate nello stesso modo, e che, purchè ci asteniamo dall'accettare per vera qualche argomentazione che non lo sia, e che sempre si osservi l'ordine necessario per dedurle le une dalle altre, non ve ne possano essere di così astruse, alle quali non si giunga, nè di così nascoste, che non si possano scoprire (1).

« Riguardo agli esperimenti, ho anche notato che essi sono tanto più necessarii quanto più progredite sono le nostre cognizioni: quanto più ho voluto discendere ad esperimenti particolareggiati, il numero di quelli che mi si presentavano come possibili era sì grande, che non ho creduto cosa fattibile per la mente umana il distinguere le forme o specie dei corpi che si trovano sulla terra da un'infinità d'altri che avrebbero potuto trovarvisi, se a Dio fosse piaciuto di metterveli; e nemmeno ho creduto possibile, per conseguenza, il riferirli all'uso che ne possiam fare, a meno che non *si preveggano le cause mediante gli effetti* servendosi di molti esperimenti particolari... La potenza della natura è così grande e vasta, che io non osservo quasi più alcun effetto particolare, che io non sappia già che esso può essere dedotto dalle forze naturali in parecchi modi diversi; e la più grande difficoltà che mi si presenta consiste quasi sempre nel trovare in quali di questi modi esso ne dipenda; difficoltà alla quale io non conosco altro rimedio che di cercare daccapo alcuni esperimenti tali, che il loro risultato non sia il medesimo, se debbono essere spiegati piuttosto in un modo che in un altro » (2).

87. L'uso della deduzione nelle scienze naturali è adunque necessario, e inoltre acquista sempre maggiore importanza a misura che una data questione è meglio conosciuta. Bisogna osservare che l'uso di

---

(1) *Discorso sul metodo*, parte seconda.
(2) *Discorso sul metodo*, parte sesta.

questo metodo si presenta sotto due forme, le quali, al limite, si confonderebbero, ma che, praticamente, debbonsi ben distinguere. Talvolta si prende per punto di partenza arbitrario una ipotesi, senza saper bene se essa sia vera o falsa; da questa ipotesi si deducono per via di argomentazione logica le conseguenze, che poi si sottopongono al controllo dell'esperimento per giudicare se il punto di partenza era buono o cattivo. Talvolta invece si prende per base del ragionamento una proposizione sperimentale già prima fermamente poggiata su buoni fondamenti, a fine di cavarne tutte le possibili conclusioni e così far progredire la scienza deduttivamente, seguendo il processo che serve ordinariamente allo sviluppo delle matematiche. Nel primo caso si ricorre, per decidere la questione, agli esperimenti più chiari: essi pronunziano in ultima istanza. Nel secondo caso, per contrario, non si ha scrupolo di tentare gli esperimenti più delicati e più difficili, purchè sieno suggeriti dalla teoria. Da un insuccesso nulla si conclude che infirmi il principio, sapendosi bene che per impedire l'effetto che si attendeva basta spesso un difetto o un errore minimo e impercettibile: così un matematico non si prende nessun pensiero, se una figura concreta non coincide esattamente colla figura teorica da lui calcolata, sapendo bene che un regolo non è mai perfettamente diritto nè un rapportatore perfettamente centrato e diviso.

Quest'uso della deduzione ha luogo specialmente nelle parti più progredite della fisica, che così vengono a confinare colle matematiche: la meccanica, l'acustica, l'ottica geometrica, la termodinamica, ecc. Il numero di queste parti va crescendo ogni giorno, e basta sfogliare un trattato moderno di fisica per

vedere quanto luogo vi tengano le equazioni e le formole. Quando i principii sono perfettamente chiariti, non si corre rischio di andare incontro ad una conseguenza falsa, che distrugga tutta quanta la teoria. — Ma altrettanto non si può dire di quelle scienze e di quelle parti di scienze che son meno progredite. In esse i principii generali sono ancora incerti e mal stabiliti. Nessuno di essi è abbastanza semplice e saldo da potervisi appoggiare senza timore. In questo caso, la deduzione, al tutto ipotetica, servirà soltanto a cavare delle conseguenze possibili, subordinate alla verità ancor dubbia delle premesse, conseguenze intorno alle quali dovrà decidere l'esperimento.

88. « La condizione del naturalista è ben diversa da quella del matematico: la proposizione generale, alla quale il primo è arrivato, o il principio, sul quale egli s'appoggia, rimane relativo e provvisorio come quello che rappresenta dei rapporti complicati, che non si è mai certi di conoscere nella loro totalità. Perciò il suo principio è incerto, come quello che è incosciente (1) e inadeguato alla mente; perciò le *deduzioni*, sebbene rigorosamente logiche, restano sempre dubbiose, e bisogna di necessità invocare l'aiuto dell'esperimento per controllare la conclusione di siffatto ragionamento deduttivo. Questa differenza tra i matematici e i naturalisti è di capitale importanza dal punto di vista della certezza dei loro principii e delle conclusioni che se ne possono cavare; ma il meccanismo del ragionamento deduttivo è in entrambi precisamente il medesimo. Tutti e due partono da una proposizione; soltanto il matematico dice: *Dato questo punto di partenza,* ne risulta necessariamente il seguente caso particolare. Invece il naturalista dice:

(1) Vale a dire ipotetico. L'espressione del Bernard è alquanto strana, ma può essere psicologicamente giustificata.

Supposto che questo punto di partenza sia giusto, il seguente caso particolare ne risulterebbe come conseguenza.

« Dunque tanto il matematico quanto il naturalista, quando partono da un principio, fanno uso della *deduzione*. Tutti e due ragionano facendo un sillogismo; tranne che questo sillogismo ha, pel naturalista, una conclusione dubbia e che richiede verificazione, perchè discende da un principio incosciente. Questo è il ragionamento sperimentale o dubitativo, il solo di cui si possa far uso allorchè si ragiona sui fenomeni naturali; ma se si volesse sopprimere il dubbio e fare a meno dell'esperimento, non vi sarebbe più alcun criterio per discernere se si sia nel vero o nel falso, perchè, ripeto, il principio è incosciente, e in questo caso bisogna ricorrere alla testimonianza dei sensi.

« Da tutto questo concluderò che l'*induzione* e la *deduzione* sono comuni a tutte le scienze. Io non credo che l'induzione e la deduzione costituiscano realmente due forme di ragionare essenzialmente distinte. Nella mente dell'uomo è innato il sentimento o l'idea d'un principio che governa i casi particolari (1). Egli parte sempre istintivamente da un principio che ha ottenuto o che inventa per ipotesi; ma non può mai procedere nei ragionamenti altro che per sillogismo, cioè passando dal generale al particolare.

« In fisiologia, un determinato organo funziona sempre in virtù d'un solo e medesimo meccanismo; solo, quando il fenomeno avviene in altre condizioni o in un diverso ambiente, la funzione assume aspetti diversi; ma, in fondo, la sua natura rimane la stessa. Ora io credo che per la mente non vi sia che un solo modo di ragionare, come per il corpo vi è un solo modo di camminare. Soltanto, quando un uomo procede sopra un terreno solido e piano, per una via diritta che egli conosce e vede in tutta la sua estensione, egli s'avvia alla meta con passo sicuro e rapido. Quando per contrario un uomo s'avanza sopra una strada tortuosa, nell'oscurità e sopra un terreno scabroso e a lui ignoto, teme i precipizii, e non si inoltra che cautamente e passo per passo. Prima di muovere un secondo

(1) Vedi, al Cap. VII, la teoria della Ragione.

passo, deve assicurarsi che il piede che dovrà restar fermo poggi sopra un punto resistente, poi avanzarsi verificando a ciascun passo la solidità del terreno, e sempre modificando la direzione secondo gli ostacoli che incontra. Così l'esperimentatore non deve mai, nelle sue ricerche, andare al di là del fatto; altrimenti correrebbe rischio di smarrirsi. Nei due esempi che precedono, l'uomo s' avanza sopra terreni diversi e in condizioni variabili, ma cammina sempre in virtù dello stesso processo fisiologico. Così quando l'esperimentatore dedurrà dei rapporti semplici da fenomeni precisi e secondo principii stabiliti e già assodati, il ragionamento si svilupperà in modo certo e necessario, laddove, quando si troverà in mezzo a rapporti complicati, non potendo appoggiarsi che sopra principii incerti e provvisorii, il medesimo esperimentatore dovrà allora procedere cautamente e sottoporre all'esperimento ognuna delle idee che successivamente gli si presentano. Ma, in amendue i casi, la mente ragiona sempre allo stesso modo, solo che parte da un principio ora più, ora meno certo.

« Quando siamo colpiti alla vista d'un fenomeno naturale, noi ci formiamo un'idea circa la causa che lo produce. L'uomo, nella primitiva sua ignoranza, suppose che ad ogni fenomeno presiedesse una divinità. Al presente, lo scienziato ammette delle forze o delle leggi: è sempre qualche cosa che governa il fenomeno. L'idea, che ci vien suggerita dalla vista d'un fenomeno, dicesi *a priori*. Ora non ci sarà difficile mostrare più innanzi che questa idea *a priori*, che sorge in noi a proposito d'un fatto particolare, racchiude sempre implicitamente, e in un certo modo a nostra insaputa, un *principio*, al quale noi vogliamo ricondurre il fatto particolare. Di modo che, allorquando noi crediamo di passare da un caso particolare a un principio, cioè quando noi crediamo di indurre, in realtà noi deduciamo, solo che l'esperimentatore si dirige secondo un principio ipotetico o provvisorio, che egli modifica ad ogni momento, perchè le sue ricerche procedono in mezzo ad una oscurità più o meno completa. A misura che noi raccogliamo i fatti, i nostri principii divengono sempre più generali e sicuri; allora acquistiamo la certezza che noi deduciamo. Tuttavia, nelle

scienze sperimentali, il principio deve sempre rimanere provvisorio, non potendosi mai esser certi che il principio abbracci tutti i fatti e tutte le condizioni possibili. In breve, noi deduciamo sempre per ipotesi, fino a verificazione sperimentale. Chi esperimenta non può dunque mai trovarsi nel caso dei matematici, appunto perchè il ragionamento sperimentale rimane sempre di sua natura dubitativo. — Ora si potrà, se si crede, chiamare *induzione* il ragionamento dubitativo d'un esperimentatore, e *deduzione* il ragionamento affermativo del matematico; ma questa distinzione risguarderà la certezza o la incertezza del principio, da cui muove il ragionamento, non già il modo del ragionare (1).

---

(1) Claudio Bernard, *Introduzione allo studio della medicina sperimentale*, I, 2.

CAPITOLO V.

LE SCIENZE MORALI.

Definizioni. — Della causalità nelle scienze morali. — Divisione di queste scienze. — Che può esistere una scienza della natura umana. — Delle scienze normative; posto che vi occupa l'Estetica. — Metodo delle scienze normative; il fatto e il diritto. — Del problema dell'umano destino. — Teoria delle leggi del Montesquieu. — Lo Stato è una personalità morale. — Della storia e delle scienze d'erudizione. — Regole della critica storica. — Dell'ipotesi nella storia. — Qualità necessarie ad uno storico. — Filosofia della storia.

89. Una delle sezioni dell'Istituto di Francia si chiama *Accademia delle scienze morali e politiche*. I fisici e i matematici dicono spesso che in questo caso la parola scienza è applicata assai male a proposito. Essi hanno torto o ragione secondo che la cosa si piglia da un lato piuttosto che da un altro.

Se non vi è scienza che allorquando le definizioni son rigorose, le dimostrazioni incontestabili, la certezza assoluta, le scienze morali non sono scienze; ma, a questo modo, non meritano il nome di scienze neppure la fisiologia, la botanica, la geologia, e persino quelle parti delle scienze fisiche che procedono per via di approssimazioni e di eccezioni; il che vale a molto maggior ragione per la medicina e per le discipline a lei affini. Ma se per contrario si consente il nome di scienza ad ogni sviluppo normale e metodico delle nostre cognizioni naturali, le scienze morali meritano questo nome, quantunque manchino di rigore.

Che cosa si richiede per poter costruire una scienza? Un oggetto reale. Ora l'uomo interiore, co' suoi sentimenti e con le sue idee, co' suoi istinti e co' suoi desiderii, con la sua volontà, co' suoi giudizii sul vero e sul falso, sul bene e sul male, con le sue aspirazioni verso il bello, è almeno altrettanto reale quanto lo sono i corpi fisici o le grandezze matematiche. Per la scienza occorre eziandio un metodo: ora questo consisterà nell'osservare gli stati di coscienza, le loro antecedenze, le loro conseguenze, nel descriverli, classificarli e determinarne le combinazioni. Vi è dunque almeno materia per una storia naturale dell'anima e delle sue manifestazioni logiche, artistiche, morali, sociali e linguistiche; il che non è poco.

Ma sarà possibile scoprirne le leggi? Qui incominciano le difficoltà. A leggi assolute, fondate sull'identità come quelle delle matematiche, non bisogna neppur pensarci. Nulla è identico nel morale dell'uomo, nemmeno il pensiero del giorno prima quando si ripresenta all'indomani. Si tratterebbe dunque di leggi approssimative, ma fondate sopra un rapporto fisso di causalità, come quelle della fisica? Ma nè nell'intelligenza nè nel sentimento nulla si può trovare che somigli alla causalità materiale, alla trasformazione continua d'un fenomeno in un altro dovuta ad una meccanica latente, di cui è possibile afferrare il processo. Infatti, sia che si tratti del rapporto tra due fenomeni, uno fisico, l'altro morale, o del rapporto tra due stati di coscienza, sempre vi è discontinuità e assenza totale di comunicazione. Nella prima ipotesi ciò è così generalmente ammesso, che non è quasi duopo spender parole per dimostrarlo: Cartesio, Leibnitz, Tyndall, Taine, Spencer istesso hanno dimostrato in pagine rimaste celebri l'etero-

geneità di questi ordini di fatti. Nel secondo caso bisogna pensare che gli stati di coscienza differiscono gli uni dagli altri nella qualità, e per conseguenza sono tanto irreducibili l'uno all'altro quanto lo sono ad un'idea di movimento. Tra una volizione, un'emozione e un'idea non c'è nè identità nè equivalenza, e persino in uno stesso ordine di fenomeni psicologici, come quello delle sensazioni, un abisso insuperabile separa un colore da un suono, un odore da una sensazione muscolare. L'idea della causalità, che è applicabile soltanto al mondo fisico, disconviene totalmente al mondo morale, dove non vi può essere nè identità, nè continuità, nè equivalenza di fenomeni.

90. Tuttavia il senso comune scorge la causalità anche tra i fatti psicologici: l'idea di una colpa *cagiona* dolore; la gioia eccita l'anima e ci *spinge* ad agire; una passione contrastata *produce* un accesso di disperazione. — Di qual natura è il vincolo che unisce questi fenomeni? Di natura razionale non può essere, poichè i due termini sono eterogenei; il legame, anche invariabile, di due fatti così differenti, come un giudizio e un'emozione, resterebbe sempre per la ragione un prodigio inesplicabile. La loro relazione è dunque empirica. Essendo accaduto spesso che il sentimento del dolore andasse unito al giudizio che condanna qualche nostra azione, noi supponiamo che ci sia qualche dipendenza tra l'uno e l'altro, e, trasportando al morale la nozione imperfetta, ma comoda, che tanto ci aiuta nei fenomeni della natura, chiamiamo l'uno causa e l'altro effetto. Ma questa non è che una metafora ed una analogia; e ciò si scorge dalla instabilità di questi legami psichici e dalla facilità con la quale l'effetto può prendersi per la causa.

L'idea d'una colpa è la causa del mio dolore; e sia. Ma non potrebbe anche dirsi che il dolore è quello che mi fa considerare l'azione come una colpa? Si può dire che la gioia infonde attività, ma può anche sostenersi che l'attività ci rende lieti. Finalmente è la passione che genera l'emozione o l'emozione che fa nascere la passione? È impossibile deciderlo; nè questo ci deve meravigliare, poichè non si tratta che di un modo di dire che rappresenta più o men bene il frequente accoppiamento di due fenomeni, nessuno dei quali può spiegare l'altro nè farlo prevedere *a priori*.

Quando in noi si sveglia per la prima volta un desiderio, che non abbiamo ancora avuto occasione di soddisfare, noi proviamo dolore, ma questo dolore ci sembra privo di causa. Soltanto più tardi, in seguito a esperienza e verificazione, noi gli attribuiamo come causa l'oggetto che lo ha fatto cessare. Un uomo che soffrisse per la prima volta la fame, proverebbe la stessa sensazione di chi conosce già un tale dolore; ma non saprebbe tuttavia a che cosa attribuirlo. Per quanto intuitivo e spontaneo ci sembri il giudizio « soffro di fame », esso non è che il risultato dell'esperienza e del confronto. Tutti i romanzieri e i poeti hanno notato che l'uomo deve imparare poco a poco a conoscere i proprii sentimenti e i legami che li uniscono. Quante volte noi ci crediamo afflitti per una certa cagione, mentre la nostra tristezza non è che una pura coincidenza e deriva da tutt'altra origine? Un avvenimento, il cui ricordo pesava sopra di noi come un incubo, ci sembra cosa insignificante o ridicola dopo una notte di riposo. La vera cagione dell'emozione era tutt'altra, ed avrebbe trovato un diverso pretesto, se fosse man-

cato il primo. Giuliano Sorel (1), il più cosciente fra i protagonisti dei romanzi, è addolorato della sua condizione al palazzo de la Môle; ma siccome lo trattano bene, ed egli non può pigliarsela cogli altri, così è condotto ad attribuire al suo malcontento una causa imaginaria. Lo Stendhal è pieno di osservazioni di questo genere. Un altro romanzo molto più recente contiene uno studio meraviglioso della lunga e crudele esperienza, mediante la quale i veri legami dei nostri pensieri si rivelano lentamente attraverso a quelli che noi avevamo loro attribuiti da principio. Un uomo già vicino alla vecchiaia, è innamorato d'una fanciulla, ma non vuol convenirne con sè stesso; trova mille pretesti per avvicinarla, e finisce per morirne; intanto la madre della giovane, che soffre stranamente vivendo colla figlia e coll' amante, indugia dei mesi interi prima di comprendere la propria gelosia e la ragione dei suoi dolori. Tanto gli stati d' anima sono indipendenti e irreducibili l'uno all' altro!

Ci riesce dunque impossibile afferrare il legame che unisce tra di loro due fenomeni psichici. Essi sono; e questo è tutto ciò che se ne può dire. L'uno cessa, un altro nasce, un terzo gli tien dietro. Fra di loro vi è minor rapporto logico di quello che intercede tra il movimento di uno che passeggi e il movimento dei pianeti, poichè tutti i movimenti dell'universo sono almeno collegati dalla gravitazione universale, mentre non v'ha legame possibile tra due fenomeni così eterogenei come un dolore e un ragionamento. A parlar propriamente, la loro unione è inintelligibile, non già temporariamente e per man-

(1) STENDHAL, *Le rouge et le noir*.

canza di esperimenti, ma per la loro stessa natura, che non ammette la causalità. — Nel mondo fisico, le qualità apparenti dei corpi si spiegano riconducendole ad un meccanismo, che stabilisce tra di loro un'equivalenza e persino un'identità latente sotto questa moltiplicità di forme. Ciò impoverisce senza dubbio la varietà delle nostre sensazioni, una parte delle quali viene così eliminata; ma almeno quel che rimane è perfettamente intelligibile, e quel che rimane è la parte essenziale, perchè ci permette di comprendere il mondo e di regolarlo. Ma nel morale la cosa è assai diversa. Qui non abbiamo più che delle qualità, ossia degli elementi eterogenei; come liberarcene? I psico-fisiologisti e tutti i partigiani della « psicologia obiettiva » cercano da un secolo la soluzione di questo problema; ma non è verosimile che la possano trovare tanto presto. Qui l'effetto non ha alcun rapporto con la causa; esso non potrebbe esser preveduto e nemmeno sospettato senza l'esperienza del loro costante accoppiamento. Dunque, a parlar propriamente, non vi è nè causa nè effetto. Ecco l'inferiorità dei fenomeni morali dal punto di vista della spiegazione scientifica, inferiorità d'altronde affatto relativa e che nasce solamente dalla loro grande ricchezza e dalla loro profonda realtà. Il ragionamento e la spiegazione non s'applicano che all'astratto; il concreto non si può mai interamente capire, perchè contiene degli elementi di infinità.

91. Tuttavia il mondo interiore, se non è *totalmente* intelligibile, non è perciò disordinato. Infatti noi vi troviamo due specie di leggi, lo studio delle quali costituisce tutte le scienze morali: leggi di successione costante, che ci son rivelate dall'esperienza, e leggi

di finalità, che la ragione ci propone come regola da seguire.

Le prime appartengono alla *psicologia*, fondamento di tutte le scienze morali, che descrive i fenomeni psichici, li classifica, e determina, mediante l'osservazione, l'ipotesi e l'esperimento, in quali condizioni si producano. Il metodo, nel suo complesso, è dunque il medesimo che serve a tutte le scienze che ricercano delle leggi per via di induzione. Notare queste leggi è già un provare che esse esistono; ma applicarle è ancora più convincente. L'autore drammatico che « conosce bene la scena » prevede qual corda farà vibrare e qual suono ne caverà. L'uomo politico, il predicatore, il professore, il diplomatico speculano tutti sulla regolarità dei fenomeni psichici, e riescono spesso a suonar bene questo complicatissimo strumento. Finalmente tutta l'arte del romanziere consiste, secondo l'energica frase del Leibnitz, nel mostrarci il funzionamento dell'automa intellettuale.

Questo basterebbe per qualunque altro ordine di cognizioni; ma l'originalità delle scienze morali consiste in ciò, che esse incominciano appena là dove le altre finiscono.

Infatti, siccome la natura umana comprende l'intelligenza e la volontà, l'uomo si propone certi fini, e si sforza, operando, di conseguirli; ma non sempre riesce nel suo intento. Di qui nasce un'idea estranea alle scienze della natura fisica, cioè l'idea d'una finalità ora soddisfatta, ora frustrata. Mentre quelle non parlano mai se non di necessità, le scienze morali parleranno di dovere, d'intenzione, d'obbligazione. Ora questa finalità può presentarsi sotto tre forme, che corrispondono alle tre facoltà dell'uomo: lo scopo che si propone l'intelligenza è il vero, quello

della sensibilità è il bello, quello della volontà è il bene. Questi tre concetti formano, nel loro insieme, ciò che in filosofia si chiama l'ideale, senza attribuire a questa parola nessun senso letterario, vago o equivoco. A ciascuno di questi tre concetti corrisponde una scienza: *logica*, *estetica*, *morale*. Il filosofo tedesco Wundt le ha chiamate « Scienze normative » (1) per esprimere il particolare carattere che noi abbiamo in esse ravvisato, e che si manifesta in tutto il decorso del loro sviluppo.

La psicologia, unita alle tre scienze normative, che ne sono il complemento necessario, costituisce la filosofia; ma parecchi filosofi vi aggiungono la scienza dell'essere in sè, ossia la metafisica. Per coloro che accettano questa divisione, la filosofia è dunque la somma delle scienze morali e della metafisica; per gli altri, il termine filosofia designa solamente il complesso delle scienze morali o « noologiche, » come le diceva l'Ampère. In ogni modo (malgrado ciò che s'è potuto dire in contrario), il suo dominio è senza dubbio reale e ben determinato.

92. Ma le manifestazioni esteriori delle nostre facoltà cadono evidentemente sotto i sensi, anzi — salvo ciò che avviene dentro di noi — non possono esser conosciute che per loro mezzo. Una delle più importanti fra queste manifestazioni è lo stato sociale: alle scienze morali pure dovranno perciò annodarsi le scienze politiche, le quali non possono costruirsi senza ricorrere alla conoscenza dell'uomo, de' suoi diritti e dei suoi doveri. Abbiamo in primo luogo la *storia civile*, che è scienza di mera erudizione, ma indispensabile,

(1) Dal latino *norma*, regola.

come quella che ci fornisce i fatti, sui quali dobbiamo concludere; in secondo luogo viene la *politica* propriamente detta, chiamata talvolta *filosofia della storia*, che tenta scoprir le leggi generali della società. Il nome più tecnico di « sociologia » impostole da Augusto Comte, e che sembra destinato a prevalere, malgrado la disparità delle radici, non basta a dissimulare lo stato embrionale, in cui tuttora si trova questa scienza. Finalmente l'*economia*, designata per solito col nome assai poco appropriato di economia politica, e il *diritto*, che tra tutte queste discipline è quello che meglio rappresenta la parte normativa delle scienze sociali.

D'altra parte, siccome i fenomeni sociali e politici non sono le sole manifestazioni esteriori dell'anima umana, le scienze morali hanno per appendice tutti gli studi *filologici*, linguistici e grammaticali; la storia delle scienze, delle arti, della letteratura, e tutto ciò che ha con loro attinenza. Tutti questi studî sono, in un certo senso, studî sociali, poichè il loro oggetto suppone l'esistenza della società e lo sviluppo della civiltà. Tuttavia essi devono esser menzionati e trattati a parte a cagione del posto reale che occupano nel complesso delle umane cognizioni.

Che vi è o vi può essere una scienza della natura umana.

93. « Un'idea comunissima, o per lo meno implicita in molte espressioni d'uso frequentissimo, si è che i pensieri, i sentimenti e le azioni degli esseri sensibili non possono essere oggetto di scienza, rigorosamente parlando, e in quel senso che lo sono gli esseri e i fenomeni del mondo esteriore. Sembra che in questa idea ci sia qualche confusione, che è necessario dissipare sin dal principio.

« I fatti che si succedono l'un l'altro secondo leggi costanti, sono, per loro stessi, adatti a formare oggetto d'una scienza, ancorchè queste leggi non fossero ancora scoperte e noi potessero essere coi mezzi di cui attualmente disponiamo. Prendiamo per esempio la classe dei fenomeni meteorologici, che ci sono più famigliari, la pioggia e il sereno. L'investigazione scientifica non è peranco riuscita a trovare l'ordine di antecedenza e di conseguenza di questi fenomeni, in guisa da potere, almeno nei nostri paesi, predirli con certezza e neppure con un grado elevato di probabilità. Tuttavia nessuno mette in dubbio che essi dipendano da leggi determinate, e che queste leggi debbano derivare da leggi superiori conosciute, cioè da quelle del calorico, della vaporizzazione e dei fluidi elastici. Medesimamente è fuor di dubbio che se noi conoscessimo tutte le circostanze antecedenti, noi potremmo, solo coll'aiuto di queste leggi più generali (salve le difficoltà del calcolo), predire lo stato dell'atmosfera in un tempo futuro qualsiasi. Da ciò segue che la meteorologia non solamente soddisfa a tutte le condizioni necessarie per una scienza, ma è una scienza anche al presente, sebbene la difficoltà di osservare i fatti, da cui dipendono i fenomeni, la renda sommamente imperfetta. Ma ancorchè fosse perfetta, la meteorologia avrebbe probabilmente una scarsissima utilità pratica, poichè ben di rado sarebbe possibile raccogliere i dati necessarii per l'applicazione dei principii ai casi particolari.

« Del medesimo genere è la scienza della natura umana... Siccome i fenomeni, di cui questa scienza si occupa, consistono nei pensieri, nei sentimenti e nelle azioni degli esseri umani, l'assoluta e ideale perfezione scientifica sarebbe ottenuta quando noi riuscissimo a predire in qual modo una persona penserebbe, sentirebbe e agirebbe nel corso della sua vita, con una certezza pari a quella dell'astronomia quando predice le posizioni e le occultazioni dei corpi celesti. Ma è quasi inutile il dire che a questa meta non possiamo neppure avvicinarci. Le azioni umane non possono esser predette con esattezza scientifica, non foss'altro, perchè ci è impossibile prevedere tutte le circostanze che possono influire su di loro. Inoltre, anche se si trattasse

d'una determinata combinazione di circostanze presenti, nulla si potrebbe dire di esatto e di universalmente vero sul modo in cui gli esseri umani penseranno, sentiranno o agiranno. Tuttavia ciò non vuol dire che il modo, in cui ciascuna persona pensa, sente e agisce, non abbia le sue cause (1); e non v'ha dubbio che se, per una persona qualunque, noi potessimo possedere dei dati completi, la conoscenza delle leggi primitive dei fenomeni psicologici è al presente abbastanza progredita perchè si possa predire in molti casi con qualche certezza, quali sarebbero, nella maggior parte delle combinazioni delle circostanze supponibili, i sentimenti e la condotta di essa persona. Ma le impressioni e le azioni degli esseri umani non sono il risultato delle sole circostanze attuali, essendo un prodotto combinato delle circostanze e del carattere delle persone. Ora le influenze che concorrono a determinare il carattere umano sono così numerose e svariate — poichè tutto quanto accade ad una persona nel corso della sua vita, esercita sopra di lei qualche influenza, — che mai non si presentano due volte riunite e combinate allo stesso modo. Laonde, anche se la scienza della natura umana fosse teoricamente perfetta, vale a dire se noi potessimo calcolare un carattere come dai dati relativi calcoliamo l'orbita d'un pianeta, tuttavia, essendo impossibile raccogliere tutti i dati, e i dati non essendo mai uguali nei diversi casi, non si potrebbe nè far predizioni che avessero sicuro fondamento nè stabilire proposizioni universali.

« Tuttavia, siccome molti tra gli effetti, che agli uomini più preme di render suscettibili d'esser previsti e sottoposti a controllo, sono, al pari delle maree (2), determinati ben più

---

(1) Lo Stuart Mill usa in questo luogo, come egli stesso avverte, la parola *causa* nel solo senso di successione invariabile.

(2) In questa citazione abbiamo soppresso, dopo l'esempio della scienza meteorologica, un altro esempio piuttosto lungo sulla scienza delle maree, che può essere riassunto come segue: La scienza delle maree esiste, quantunque non sia esatta. Essa non può essere esatta, perchè l'ora e l'altezza precisa del flusso dipendono da un'infinità di circostanze, di cui è impossibile tener conto; questa scienza ciò non ostante esiste, perchè le cause e le leggi generali del fenomeno sono assai importanti, e le irregolarità si possono senza inconveniente trascurare.

dalle cause generali che non da tutte le cause parziali prese insieme, e dipendono principalmente da circostanze e da qualità comuni a tutto il genere umano (o almeno a grandi classi di esseri umani) e solamente in piccolissima misura dalle idiosincrasie (1) d'organismo e dalla storia particolare degli individui, evidentemente è possibile, per tutti gli effetti di questo genere, di far delle predizioni, le quali si troveranno vere quasi sempre, e di stabilire delle proposizioni generali, che pure si troveranno giuste. Ogni qual volta si tratterà soltanto di sapere come agirà, sentirà e penserà la grande maggioranza della razza umana o la grande maggioranza di qualche nazione o classe di persone, queste proposizioni equivarranno ad altrettante proposizioni universali. Ora ciò basta per lo scopo che si prefiggono le scienze politiche e sociali. Nelle ricerche sui fatti sociali, una generalizzazione approssimativa equivale in quasi tutti i bisogni della pratica ad una generalizzazione esatta; e ciò che è soltanto probabile quando lo si afferma di individui presi a caso, è certo quando lo si afferma del carattere e della condotta delle grandi masse.

« La scienza della natura umana non potrà dunque essere revocata in dubbio dalla riserva che quelle tra le sue proposizioni generali, che s'inoltrano tanto nel particolare da servir di base alla predizione di un fenomeno, non sono vere, per la maggior parte, che approssimativamente. Ma per dare a questo studio un carattere veramente scientifico, bisogna che queste generalizzazioni approssimative, che per sè stesse si riducono ad altrettante leggi empiriche degli ultimi gradi (2), vengano rannodate deduttivamente alle leggi naturali, da cui derivano; bisogna che siano ricondotte alle proprietà delle cause, da cui i fenomeni dipendono. In altri termini, si può dire che la scienza della natura umana esiste nella misura, in cui le verità approssimative, che costituiscono la conoscenza pratica dell'uomo,

---

(1) Questo termine indica il complesso delle circostanze peculiari a ciascun individuo.

(2) Cioè delle meno generali, e ottenute solamente mediante l'osservazione, che per sè sola non basta a farne comprendere la ragione.

possono esser considerate come corollarii delle leggi universali della natura umana, sulle quali si fondano. Infatti con questo mezzo i limiti proprii di queste verità approssimative sarebbero fissati in anticipazione, e noi saremmo allora in grado di dedurne delle altre al presentarsi di nuove circostanze, senza attendere un esperimento specifico » (1).

Delle scienze normative.

94. La psicologia si occupa solamente di ciò che è. Essa descrive, classifica, forma delle leggi, ma non va oltre a questo. Tutti i fatti le sembrano, come tali, ugualmente rispettabili; essa studia il delitto come la virtù: basta che ci trovi qualche successione costante da osservare, qualche meccanismo mentale da scomporre e da mettere in movimento. Il La Rochefoucauld dice: « Gli uomini non sono solamente soggetti a perdere il ricordo dei beneficii e delle ingiurie: essi giungono persino a odiare quelli che hanno lor fatto servigio, e cessano dall'odiare coloro dai quali hanno ricevuto del male. » Ecco un fatto. Come psicologo, il La Rochefoucauld la constata e, al bisogno, lo spiegherebbe; ma non lo giudica.

Al contrario, avviene spesso che le cose si piglino per un altro verso, cioè che si faccia un *apprezzamento* sul valore delle idee o degli atti, riferendoli ad una regola anteriore che serve di criterio a tale giudizio. I fatti irregolari non contano, o non contano che negativamente, essendo considerati come eccezioni. La regola *(norma)* si applica allora, come la legge fisica, a tutti i fatti che cadono sotto il suo dominio;

---

(1) Giovanni Stuart Mill (economista e filosofo, deputato di Londra, 1806-1873), *Sistema di Logica*, libro VI, cap. III.

se i fatti s'accordano colla regola, trattasi d'un comando che è stato obbedito; se no, trattasi d'un comando che *avrebbe dovuto* essere obbedito. Ecco la genesi delle scienze normative, che hanno per oggetto lo studio dei fatti non in quanto esistono, ma in quanto raggiungono o non raggiungono lo scopo che è proprio a loro, in quanto riescono o non riescono come dovrebbero. Le scienze esplicative considerano il loro oggetto ne' suoi rapporti di causalità, prendendo questo termine nel senso universalissimo, che già abbiamo definito. Invece le scienze normative considerano il loro oggetto ne' suoi rapporti di finalità.

Da ciò risulta che le dette scienze non appartengono che al mondo morale, e mancano affatto nel mondo fisico. Una legge naturale che soffre eccezioni è una legge che noi non conosciamo bene e che è mal formulata; in altre parole, non è la natura che ha torto, ma la legge [65]. Può darsi che vi sia nella natura una finalità, ma noi non la conosciamo; e se a questo proposito mettiamo avanti qualche ipotesi metafisica, il più logico e il più religioso sarà sempre di supporla abbastanza perfetta per raggiungere sempre lo scopo che essa si prefigge. Dunque la condizione essenziale del giudizio di valutazione è sempre la volontà umana. Qui soltanto noi possiamo discernere l'obbedienza e la disobbedienza a un comando, e distinguere il concetto di *Essere* da quello di *Dovere*.

Ma lo scopo di questa finalità può essere molteplice. Infatti essa riveste tre forme al tutto diverse, alle quali tutte le altre si possono agevolmente ridurre: il bene, il vero, il bello. Dalla morale dipendono le regole normative del diritto, della politica, dell'economia sociale; dalla logica quelle della grammatica, delle matematiche e di tutte le scienze ragionative;

finalmente dall'estetica quelle che riguardano l'esecuzione e la critica delle opere d'arte. Perchè queste tre forme, e queste tre sole? Non è facile il dirlo. Tuttavia questa divisione è in qualche modo connessa con la triplice natura dell'uomo, formata di intelligenza, di sensibilità e di volontà; solamente il concetto del bello è un po' troppo angusto per adattarsi a questa classificazione. Per ristabilirvi l'equilibrio, bisognerebbe considerare il bello come una divisione d'una classe più generale, che comprendesse l'ideale della nostra sensibilità, ossia, con un termine universale, tutto il *desiderabile*. Ma anche questo modo di rimediare alla difficoltà, andrebbe soggetto a molte obiezioni.

95. Il Wundt, che meglio di tutti ha chiarito il vero carattere del concetto di norma, e delle scienze che ne fanno uso (1), riduce a due soltanto le scienze normative, cioè alla logica e alla morale. Il bello, a suo avviso, non è altro che una sensazione confusa della soddisfazione intellettuale e morale che le opere d'arte ci procurano: « Da un lato, il piacere estetico è legato a certi principii di finalità, che il nostro pensiero logico si sforza di scoprire e di applicare; dall'altro lato — e questa è la ragione essenziale dell'influenza che l'arte esercita sopra la nostra sensibilità — il bello suggerisce le forme multiple del sentimento morale, poichè tutte le forme superiori dell'emozione estetica provengono dalla tensione o dal rilassamento di questo sentimento. La logica e l'etica ci appaiono dunque in sostanza come le scienze

(1) W. Wundt, *Etica*, o Studio sui fatti e le leggi della vita morale. Prefazione.

normative propriamente dette. » Ma che il bello possa essere così decomposto, è cosa molto contestabile. Allorchè noi cerchiamo il piacere, estetico o sensibile che sia, abbiamo chiarissima la coscienza di andar dietro a un fine speciale, che non è nè la certezza del sapere, come nelle scienze, nè la rettitudine dell'azione, come nella morale. Gli è per questo che nei lavori intellettuali il dilettantismo riesce molto artistico e rallegra in altissimo grado il nostro senso del bello, pur non soddisfacendo il più delle volte ai desiderii della ragione e della coscienza. Che cosa vi può essere di più ammirevole, dal punto di vista dell'arte pura, delle opere filosofiche d'un certo scrittore contemporaneo, le composizioni del quale pareggiano le sinfonie più ricche e più elevate, e giungono quasi a rassomigliare alla musica, tanta è la sonorità, il timbro particolare e le sfumature che presentano le parole? E queste bellezze non vengono meno gustate, quantunque scompagnate e dal rigore logico e dalla verità morale. Bisogna dunque dire che l'arte ha un fine suo proprio, e non è solamente il veicolo di altre idee. Se la giustizia e la verità la rendono più grande, non per questo l'arte è una loro creazione.

Ma v' ha di più. Anche se, in sostanza, il piacere che noi proviamo, consistesse nel percepire inconsciamente nelle opere artistiche dei rapporti logici o morali, l'estetica sarebbe ancora una scienza, e non per questo dovrebbe subordinarsi alla logica e alla morale. Leibnitz definiva la musica *exercitium matematicae occultum nescientis se numerare animi* (1).

(1) L'incosciente esercizio matematico d'una mente che calcola senza saperlo.

Ammettiamolo pure. Ma d'onde ha origine l'attrattiva che esercita sopra di noi questa specie di matematica? Meditando sul rapporto che passa fra 2 e 3, si sente forse lo stesso piacere che ascoltando un accordo di quinta? E quando bene se ne sapesse logicamente tutto quello che è possibile saperne, si riuscirebbe a trovare la ragione del diletto nelle proprietà numeriche? No certo, come non si arriverebbe a conoscere un sentimento conoscendo il movimento cerebrale che gli corrisponde. Il segreto del piacere sta nella costituzione della nostra natura e nelle misteriose armonie che formano in noi le nostre sensazioni. Lo Stuart Mill dice benissimo, in principio della sua *Logica*, che il voler rinchiudere il mondo in una formola unica, è un vano tentativo, perchè vi saranno sempre almeno tante proposizioni speciali quante sono nell'uomo le percezioni qualitativamente distinte. Poichè vi è un fenomeno *sui generis*, che si chiama il colore, e che non è nè il calore, nè l'odore, nè il movimento, bisogna che vi sia una scienza del colore; e questa scienza non sarà punto la meccanica, anche ammettendo, com'è dimostrato, che la percezione del colore è sempre preceduta da un movimento. Lo stesso è del bello: la coscienza ci attesta che esso piace e si fa ricercare per sè stesso, e poichè il carattere delle scienze normative risiede nella finalità, quale autorità potrebbesi invocare che fosse superiore alla coscienza di chi concepisce questa finalità ed è da essa spinto ad agire?

96. Le tre scienze normative, *Estetica*, *Logica* e *Morale*, sono dunque autonome dal punto di vista teorico, e nessuna può essere assorbita dalle altre. Ma dal punto di vista pratico, la Morale ha sulle altre due un'incontestabile supremazia. Essa comanda

alle azioni, e perciò governa l'anima tutta quanta: paragonare, giudicare, ragionare è agire; creare un'opera d'arte, scolpire una statua, scrivere un poema è sempre agire. Nell'uomo non c'è dunque nulla che non cada sotto il dominio della morale. Ed è chiaro eziandio che se il vero e il bello presentano in sè stessi il carattere normativo d'una regola che si può seguire o violare, l'*obbligazione* che è implicita in questo carattere non possono trarla da altra parte che dall'autorità più generale del bene, da cui sono compenetrate senza perder nulla della natura a loro propria. Così il bene crea l'unità superiore della vita; verità morale che è simboleggiata grandiosamente dalla metafisica platonica, la quale considera il bene come l'essenza del mondo e la forma suprema della realtà.

Metodo delle scienze normative.

97. I caratteri speciali alle scienze normative richiedono che queste procedano con un metodo loro proprio. Il metodo sperimentale non è a loro adattato, o almeno non potrebbe essere adoperato come il processo fondamentale della cognizione: infatti l'osservazione, l'ipotesi, l'esperimento possono bensì rivelare ciò che accade, ma non già ciò che *deve* accadere. Può benissimo darsi che fino al presente non sieno stati detti che degli errori sopra una data questione; ma non per questo ne rimane distrutta la *vera* soluzione; si può aver sempre agito, in una certa circostanza, contro la legge morale; ma questa continua disobbedienza non diminuisce punto l'autorità di essa legge.

Tuttavia anche queste scienze, si potrebbe obiettare, son fondate sopra i fatti. — Ciò è vero, ma non nel

senso medesimo, in cui è vero per le scienze della natura. Queste ultime paragonano molti fatti — il più gran numero che è possibile — per cavarne i caratteri e le leggi comuni, mentre le prime non considerano che un fatto solo, cioè il giudizio di valutazione, e di questo stesso fatto non ritengono che un solo elemento, cioè la sua esistenza. Un solo esemplare del fatto basta loro per fondarvi sopra la legittimità della scienza. La sola critica che occorre di farne consiste nel dimostrare che il fatto non è illusorio; che, per esempio, il giudizio del vero e del bello non può ricondursi a qualche altro giudizio più semplice, e non è puramente il risultato di qualche miraggio psicologico, come hanno talvolta sostenuto alcuni scettici. E a questa critica non si può evidentemente procedere col metodo sperimentale, il meccanismo del quale è fatto per risolvere dei problemi di tutt'altra natura; essa non può aver luogo, in modo dimostrativo, se non mediante l'analisi del concetto che si prende a considerare, e mediante la determinazione de' suoi rapporti con quelli tra i concetti e i giudizii a lui prossimi, d'onde potrebbe venire l'errore da noi temuto. — E siccome la debolezza della nostra vista rende spesso incomplete le prove negative, noi dobbiamo, per quanto ciò sia possibile, procedere direttamente a ciò che il Kant chiama la deduzione dei concetti in questione; cioè noi dobbiamo provare che i concetti sono legittimi, essendo per la loro natura necessarii alla nostra intelligenza, alla nostra attività, o alla nostra sensibilità, l'esistenza delle quali garantisce la realtà dei concetti stessi (1).

(1) « Quando i giureconsulti parlano di diritti e d'usurpazioni, distinguono in proposito la questione di diritto *(quid iuris)* e la questione di

98. Ma quando l'esistenza del concetto fondamentale è così assicurata per ciascuna di queste scienze, come si potrà procedere alla determinazione dei caratteri che lo costituiscono e che devono servir di regola nell'applicazione? Malgrado l'opinione d'un moralista di grande ingegno, il quale paragona la determinazione della legge morale a quella del centro d'un bersaglio, in cui sono rimaste solamente le impronte delle palle, il procedere mediante questa specie di esperimento è contrario alla natura delle scienze morali. Del che non è tanto facile accorgersi in morale, perchè l'umanità, sia per caso, sia per opera della Provvidenza, non si è mai allontanata di molto, ne' suoi giudizii, dalla vera nozione del bene; tuttavia la divergenza avrebbe potuto esser grande, e se lo fosse — la qual cosa noi non possiamo sapere *a priori* — un simile metodo sarebbe completamente sbagliato. Vediamo che cosa accade negli esempi analoghi: che cosa si direbbe di una logica, che raccogliesse tutte le opinioni, vere, probabili, false, assurde, contradditorie, come in realtà se ne sono avute dall'origine della scienza in poi sopra la maggior parte de' suoi punti, e poi soggiungesse a guisa di conclusione: « Prendete la media di tutto questo, e avrete la verità. » Che cosa si direbbe di un'estetica, la quale, per mettere in chiaro la nozione del bello, raccogliesse alla rinfusa i capolavori dei maestri e gli sgorbii dei pittori d'insegne, le statue greche e gli idoli dei selvaggi? Questo metodo è eccellente per

---

fatto *(quid facti)*; e siccome esigono le prove di tutte e due, chiamano deduzione quella che deve dimostrare il diritto, ossia la legittimità della pretesa. » KANT, *Critica della ragion pura*. — Questa distinzione è la radice della teoria delle scienze normative e della diversità tra il loro metodo e quello delle scienze esplicative.

determinare una legge quando si sa già prima che essa non può soffrire eccezione, come appunto accade nella fisica. Ma nelle scienze normative, dove il carattere proprio delle leggi è quello di poter essere in molti casi effettivamente violate, qual risultato si potrebbe attendere da un'induzione condotta in questo modo?

Vano sarebbe dunque il tentativo di voler fondare una morale sperimentale, i principii della quale si dovessero trovare mediante il confronto e la generalizzazione. Gli uomini, per lo più, sono egoisti, sensuali, disonesti, interessati; giudicano colle loro passioni e non con la ragione; cadono ad ogni momento in contraddizione con sè medesimi. Chi potrebbe dire che fanno *bene* mettendo in pratica tutte queste belle qualità? È nota la celebre osservazione del Kant: « Dal principio del mondo in poi non vi è forse stato un solo atto di moralità veramente pura »; ma ciò non vuol dire che la moralità non esista, poichè essa è prescritta dalla ragione e non dall'esperienza. L'osservazione di ciò che avviene, per quanto sia perfetta, non può mai rivelare la legittimità o l'illegittimità della morale. In un capitolo del *Contratto Sociale* ironicamente intitolato « Il diritto del più forte, » Gian Giacomo Rousseau addita vigorosamente questa differenza e l'opposizione in cui stanno tra di loro il fatto e il diritto:

99. « Il più forte non è mai abbastanza forte da aver sempre il sopravvento, se non trasforma la sua forza in diritto e l'obbedienza in dovere. Di qui nasce il diritto del più forte, diritto preso ironicamente in apparenza, ma elevato in realtà a principio. Ora chi ci potrà mai spiegare queste parole? La forza è una potenza fisica, ed io non vedo quale moralità possa

scaturire da' suoi effetti. Cedere alla forza è un atto di necessità, non di volontà; o tutt'al più sarà un atto di prudenza. Ma in che senso potrebbe mai essere un dovere?

« Supponiamo per un momento l'esistenza di questo preteso diritto. Io dico che altro non ne risulta, se non un garbuglio inesplicabile: poichè se è la forza che fa il diritto, l'effetto cambia col cambiare della causa; ogni forza che sorpassa la prima, eredita del suo diritto. Se si può disobbedire impunemente, si disobbedisce anche legittimamente; e poichè il più forte ha sempre ragione, non si tratta se non di fare in modo da esser sempre il più forte. Ora che razza di diritto è quello che perisce quando cessa la forza? Se bisogna obbedire per forza, non c'è bisogno di obbedire per dovere; e se non si è più costretti di obbedire, non vi si è più obbligati. Si vede da questo che la parola *diritto* nulla aggiunge alla forza, e che nella citata frase non ha senso alcuno.

« Obbedite al potere. — Se ciò vuol dire: cedete alla forza, il principio è buono, ma inutile; e si può garantire che non sarà mai violato. Ogni potere viene da Dio, lo ammetto; ma anche ogni malattia vien da Dio: per questo si vorrà sostenere che non è lecito chiamare il medico? Se un malfattore mi aggredisce in un luogo deserto, bisogna per forza che io gli consegni il denaro; ma se potessi sottrarmi a questo, la mia coscienza mi obbligherebbe a consegnarlo? Poichè infine l'arma che il malfattore impugna, è un potere.

« Conveniamo dunque che la forza non crea il diritto, e che non si è obbligati di obbedire che al potere *legittimo*. Così la mia questione primitiva ritorna sempre in campo » (1).

100. È tuttavia necessario riconoscere, per non ometter nulla, che dopo il metodo razionale, analitico e deduttivo, mediante il quale si gittano i fondamenti essenziali delle scienze normative, il metodo sperimentale vi può aver luogo a fine di trattare certe

---

(1) G. G. Rousseau (1712-1778), *Il Contratto sociale*, I, 4.

questioni secondarie. Ciò accade ogniqualvolta alla nozione del mondo quale dovrebbe essere bisogna paragonare la nozione del mondo quale è; tuttavia, per dire il vero, ciò non è altro che introdurre nella logica, nella morale o nell'estetica un frammento di psicologia speciale: non è a meravigliarsi se il metodo cambia, cambiando la natura stessa della questione. Ogni scienza normativa studia infatti una finalità e determina uno scopo da conseguire, sia verità, sia giustizia, sia bellezza. Una volta stabilito e definito ciascuno di questi scopi — il che forma la parte teorica della scienza — bisogna cercare i mezzi per conseguirlo, e in questo consiste la sua parte pratica. Ora questi mezzi dipendono evidentemente dalla natura effettiva dell'uomo e del mondo, e non già dalla loro natura ideale. Da questo deriva la necessità che il metodo diventi sperimentale. Per avventura questo metodo avrà luogo in minor misura nella morale che nelle altre scienze a lei analoghe, poichè in morale l'intenzione è tutto, e colui che vuole realmente il bene, l'ha già fatto. Ciò non ostante questa parte non potrà ridursi a nulla, poichè non si può sostenere di voler realmente il bene, se non si dà opera a ricercare i mezzi di mandarlo ad effetto, e se ci accontentiamo d'una buona intenzione puramente verbale e sterile: l'albero deve esser giudicato da' suoi frutti. — Ma nella logica certamente, e nell'estetica, il buon volere non basta: il conseguimento della verità non meno che la creazione del bello esigono la cognizione delle leggi proprie alla materia sensibile del nostro lavoro: così l'applicazione dei principii generali dell'arte richiederà grandi cognizioni di fatto, allorchè si passerà a studiare in modo speciale la poesia, la musica, la pittura, l'ar-

chitettura o la scultura; e nello stesso modo la logica pratica, ossia la metodologia, non potrà essere stabilita per ciascuna specie di scienze se non domandando all'osservazione e all'esperimento un considerevole numero di dati, come si può facilmente scorgere da tutto il corso del presente lavoro, e come è dimostrato persino dall'osservazione che ora stiamo facendo.

Intorno al problema dell'umano destino.

101. « Egli è certo, o signori, che l'uomo non giunge che tardi a queste grandi questioni, e che, anche quando se le è poste davanti, gli interessi e le passioni di tutti i giorni ripigliano ben presto il sopravvento, e fanno sì che egli se ne dimentichi. Solo in qualche caso straordinario, solo in qualche rara circostanza l'anima umana si eleva a questi alti problemi. E questo, che è vero per la comune degli uomini, è vero eziandio per le menti superiori, che vengono trascinate come le altre dal flusso e riflusso delle circostanze, e passano così una gran parte della loro esistenza nell'obbedire alla propria natura, senza considerare verso qual meta essa le spinga. Sì, il fatto è vero, ed io non lo metto in dubbio; ma ciò non ostante oso affermare che non vi è uomo, per quanto povero sia nato, per quanto incolto lo abbia lasciato la società, per quanto la natura, la fortuna e i suoi simili, insomma, lo abbiano maltrattato, al quale, almeno in un giorno nel corso di sua vita e sotto l'influenza di qualche grave circostanza, non sia accaduto di proporre a sè stesso questa terribile domanda, che pesa sul nostro capo come un oscuro nembo, questa domanda decisiva: Perchè l'uomo si trova quaggiù, e quale è il significato della parte che egli vi sostiene? Voi stessi, o signori, potete essere testimoni della verità di questa asserzione: poichè la domanda che io ho formulata non è sconosciuta a nessuno di voi, come non lo è a nessun uomo che abbia alquanto vissuto e sofferto. Rimane dunque a sapere quali siano le circostanze che intervengono a trarci dal numero

degli altri animali e ad elevarci ad un pensiero, che è il pensiero morale, cioè il pensiero umano per eccellenza.

« L'uomo, o signori, non si domanderebbe forse mai per qual ragione egli sia stato messo in questo mondo, se le tendenze della sua natura vi trovassero una continua e completa soddisfazione. Una perfetta ed invariabile armonia tra i suoi desiderii e l'andamento delle cose lascierebbe forse la sua ragione perpetuamente addormentata. È il male, o signori, che sveglia la nostra ragione, è il male che la obbliga a preoccuparsi dei destini dell'uomo; il male, che è inseparabile dall'umana condizione, persino in quelle soddisfazioni passeggiere, alle quali si dà il nome di felicità.

« Al principio della vita, la nostra natura, risvegliandosi con tutti i bisogni e le facoltà a lei inerenti, si incontra in un mondo, che sembra offrire un campo illimitato alla soddisfazione degli uni e allo sviluppo delle altre. Alla vista di questo mondo, che sembra dovere racchiudere per essa la felicità, la nostra natura si drizza piena di speranze e di illusioni. Ma la condizione umana è così fatta, che nessuna di queste speranze è adempiuta, nessuna di queste illusioni è giustificata. Di tante passioni, che Dio ha posto in noi, di tante facoltà, che egli ha voluto concederci, pensate, e vedete quale su questa terra giunga al suo scopo e abbia appagati i suoi desiderii. Sembra che il mondo, da cui siamo circondati, sia stato architettato in modo da rendere impossibile siffatto risultato. Eppure questi desiderii e queste facoltà sono altrettante conseguenze della nostra natura; ciò che è da loro voluto, è voluto dalla nostra natura, e ciò che questa vuole è il fine, per il quale è stata creata, è la sua felicità e il suo bene. La nostra natura, o signori, soffre per conseguenza, e non solamente soffre, ma si meraviglia e si sdegna: poichè, non essendosi creata da sè stessa, l'avere o il non avere queste tendenze non è dipeso da lei, e la soddisfazione de' suoi desiderii le sembra non solamente naturale, ma persino legittimamente dovuta. Quando incorriamo nei mali della vita, noi giudichiamo offese le leggi della natura e della giustizia, e ad un primo e lungo periodo d'incredulità ne segue un altro di sorda protesta e di ribellione alle miserie

che ci travagliano. Durante la gioventù, le sventure, più che atterrirci, producono in noi un sentimento di sorpresa; ci sembra che l'accaduto sia un'eccezione, la quale non basti a scuotere la nostra fiducia. Per quanto l'eccezione si ripeta, noi non ne restiamo disingannati; preferiamo accusare noi stessi al mettere in dubbio la giustizia della Provvidenza; crediamo che la colpa dei nostri insuccessi sia nostra, e ci esortiamo ad essere più abili, e anche quando la nostra abilità non è riuscita a nulla per la millesima volta, noi ci ostiniamo ancora nel nostro ottimismo. — Ma finalmente, sia che qualche grande sciagura ci colpisca e ci faccia aprire gli occhi, sia che, nel corso di una lunga vita, le dure lezioni dell'esperienza prevalgano sui nostri pregiudizii, la triste verità si fa strada: allora svaniscono le speranze, che ci consolavano nelle disgrazie, e a loro subentra quell'amara indignazione, che rende la sventura più penosa; allora, dal fondo del nostro cuore angosciato, dal fondo della ragione ferita nelle sue più salde credenze, sorge inevitabilmente questa melanconica domanda: Perchè dunque l'uomo è stato creato e messo in questo mondo?

E non crediate, o signori, che le sole miserie della vita abbiano il privilegio di volgere l'anima nostra verso così fatto problema: esso sorge dalle nostre felicità come dalle nostre sciagure, perchè la natura nostra non resta meno delusa nelle une che nelle altre. Quando abbiamo da poco soddisfatto qualche nostro desiderio, noi abbiamo la presunzione, o, per meglio dire, l'ingenuità di crederci felici; ma, se la nostra felicità si prolunga, ben presto perde ogni sua attrattiva, e là dove noi abbiamo creduto di assaporare una soddisfazione compiuta, non ne troviamo più che una mediocre, la quale, alla sua volta, va a poco a poco estinguendosi, e finisce nella noia e nel disgusto. Tale è l'inevitabile scioglimento di ogni umana felicità; questa è la legge fatale, a cui nessuno di noi può sottrarsi. Che se nel momento, in cui qualche nostra passione trionfa, la nostra buona sorte vuole che noi siamo invasi da un'altra, allora, trascinati da quest'ultima, noi possiamo, egli è vero, sfuggire al disinganno, che ci preparava la prima, e così, in mezzo ad un'esistenza affaccendata e agitata, ci è dato di vivere per

qualche tempo paghi delle felicità del mondo, prima di riconoscerne la vanità. Ma questa specie di ebbrezza non può durar sempre; viene il momento, nel quale questa impetuosa incostanza, che noi mettiamo nella ricerca della felicità, e che nasce dalla varietà e dall'indecisione dei nostri desiderii, si fissa, e la nostra natura raccogliendo, per così dire, e concentrando in una sola passione tutto il bisogno di felicità che essa prova, vede questa felicità, l'ama, la desidera in una sola cosa, alla quale aspira con tutte le forze. Allora, qualunque sia questa passione, allora viene inesorabilmente l'amara esperienza, che il caso aveva differita: poichè questa felicità così ardentemente ed esclusivamente desiderata, non appena l'abbiamo ottenuta, si chiarisce insufficiente e ci riempie di sconforto: invano l'anima nostra tenta con ogni mezzo di ricercarvi ciò che aveva sognato; questa stessa ricerca fa sì che la felicità si avvizzisca e si scolori; essa non è quale ci sembrava; ciò che essa prometteva, non lo mantiene; tutta la felicità, che la vita poteva darci, l'abbiamo conseguita, e tuttavia il desiderio della felicità sussiste insoddisfatto. La felicità è dunque un'ombra, la vita un disinganno, e i nostri desiderii sono altrettanti lacci ingannatori. Una tale dimostrazione è assolutamente irrefutabile e più decisiva ancora di quella che ci viene dalla sventura: poichè nella sventura noi possiamo incolpare la nostra cattiva sorte, e, conservando qualche illusione, scusare in certo modo la natura, mentre quando si tratta della insufficienza della felicità, è la natura stessa che rimane convinta di malignità; l'animo umano, giunto al possesso di tutte le possibili felicità, sente ancora in sè stesso un vuoto sconsolante. Gli è così che questo malinconico ritorcersi in sè stesso, che eleva l'uomo maturo al pensiero del proprio destino, che lo trae a preoccuparsene e a domandarsi quale esso sia, nasce più spesso dalle nostre felicità che dalle nostre disgrazie. Ecco due casi, in cui la questione ci si presenta; e non sono i soli.

« Nelle città, l'uomo sembra essere il centro e il supremo scopo della creazione; gli è in tale ambiente che egli fa pompa di tutta la sua apparente superiorità, gli è in tale ambiente che egli sembra dominare la scena del mondo, o, per meglio dire, occu-

parla da lui solo. Ma allorquando quest'essere così forte, così orgoglioso, così pieno di sè stesso, così esclusivamente occupato dei proprii interessi nell'interno delle città e tra la moltitudine de' suoi simili, è trasportato per caso in mezzo all'immensa natura, e si trova solo in presenza d'un cielo senza fine, d'un orizzonte lontano, al di là del quale altri orizzonti si estendono, tra quelle grandi produzioni della natura, che lo schiacciano, se non con l'intelligenza, con l'enorme loro massa; quando dall'alto d'un monte vede a' suoi piedi, sotto la luce degli astri, dei piccoli villaggi perduti tra piccole foreste, che anch'esse si perdono nell'immensità del paesaggio, e pensa che questi villaggi sono popolati da esseri deboli come lui, e paragona questi esseri e le loro meschine abitazioni con la natura che li circonda, e questa natura stessa col nostro mondo, sul quale essa non è altro che un punto, e finalmente questo nostro mondo coi mille altri mondi, che son sospesi nello spazio, e a petto dei quali il nostro globo è un nulla: alla vista di questo spettacolo, l'uomo si sente preso da commiserazione per le sue meschine passioni sempre contrastate, per le sue povere felicità, che invariabilmente finiscono col disgusto; e anche allora gli si presenta il bisogno di sapere che cosa egli sia e che cosa faccia quaggiù, e anche allora egli si propone il problema del suo destino.

« Ma v'ha di più. Non solamente la felicità o la sventura o il paragone tra la nostra debolezza e la grandezza della natura, ma altresì lo studio della storia dell'umana specie e della terra, sulla quale noi abitiamo, evocano nell'anima anche la più preoccupata, anche la più esclusivamente ristretta alla soddisfazione de' suoi bisogni e delle sue passioni, il problema del proprio destino.

« Voi tutti conoscete la storia: vedete un po' come l'umanità ha camminato.

« Dalle montagne situate al centro del grande continente asiatico scendono nelle vastissime pianure delle razze, che hanno forse avuto dei predecessori, ma che non hanno peranco una storia. Vi giungono selvaggie, quasi ignude e appena armate; vi giungono senza dire d'onde vengano nè da chi abbiano tratto

origine, e, giunte che vi sono, s'impadroniscono di quelle pianure. Da un'altra parte, cioè dai deserti dell'Arabia, vengono altre razze, che non hanno nè lo stesso cranio nè le stesse idee, ma che, al pari delle prime, nulla sanno nè sulla loro origine nè sui loro antenati. S' incontrano, e si sentono l'una all'altra nemiche; s'impegnano lunghissime lotte, che fondano vastissimi imperi, tutti in breve volger di tempo distrutti; una sola razza prepondera sulle altre, ne conquista i territorii e vi domina esclusivamente, tenendo gli altri popoli in una specie di schiavitù. Appena che questo impero è stato fondato, esso viene in contatto con l'Europa. Anche qui vi sono delle popolazioni senza storia, con crani, idee e costumi diversi. Queste due razze, l'una greca, l'altra asiatica, si disputano la supremazia; i Greci hanno il sopravvento, e l'Asia è sottomessa. Ma ben presto si leva un nuovo popolo, che abita l'occidente. Esso si fa grande rapidamente e nella vasta rete de' suoi dominii inghiottisce la razza greca e le sue conquiste. Questo popolo, ultimo venuto, è alla sua volta attorniato da razze, che non conoscono sè medesime e sono sconosciute alle altre che vivono, da tempi immemorabili, nell'occidente e nel nord dell'Europa. Queste genti, che non somigliano nè ai Romani nè ai Greci, nè agli Orientali, che hanno altre credenze, altre idee, altre lingue, obbediscono alla lor volta ad un impulso, che le agita nelle loro foreste e che le spinge ad apparire anch'esse sulla scena del mondo. E quando i tempi son maturi, vi appariscono infatti, e invadono e rovesciano l'impero romano. Dopo — molto tempo dopo — s'incomincia a penetrare nelle regioni sconosciute, si scopre il settentrione dell'Asia, il mezzogiorno dell'Africa, l'America, le migliaia di isole disseminate come polvere sulla superficie dell'oceano, e dappertutto vi sono nuovi popoli, popoli di ogni colore, bianchi, neri, rossi, color del rame, con crani di tutte le forme, civiltà di tutti i gradi, idee di tutte le specie; e di tanti popoli nessuno sa d'onde esso venga, che cosa faccia sulla terra, nè dove vada; nessuno sa qual legame lo unisca al resto dell'umanità!

« Quando si medita sopra questa storia dell'umana specie, su queste tenebre profonde, che dappertutto ci nascondono le

sue origini, sopra queste razze, che esistono nello stesso tempo in ogni luogo, e dappertutto ignorano d'onde sian venute, sopra le differenze d'ogni maniera, che le separano ancor più che le montagne e i mari, sopra la meraviglia, da cui sono prese quando s'incontrano, sopra la costante ostilità, che sorge fra di loro quando si conoscono; quando si pensa a quella misteriosa fatalità, che le chiama, ciascuna alla sua volta, sulla scena del mondo, e, dopo d'averle circondate di un momentaneo splendore, le ripiomba ben presto nell'oscurità, un sentimento di terrore invade l'anima nostra, e l'individuo si sente come schiacciato dalla misteriosa predestinazione, che sembra pesare su tutta la specie. Che cosa è dunque questa umanità, della quale noi siamo parte? quale è la sua origine? quale il suo destino? si deve dir di lei quello che si dice delle erbe dei campi e degli alberi delle selve? come questi, è forse l'umanità uscita dalla terra nel tempo fissato dalle leggi generali dell'universo, per rientrarvi un giorno con essi? oppure, come l'uomo ha sognato nel suo orgoglio, la creazione non è che un teatro, sul quale esso viene a recitare una scena de' suoi destini immortali? Se almeno la luce, che non rischiara le sue origini, ci spiegasse il suo sviluppo! Ma chi sa dire verso qual luogo l'uomo è incamminato, e in qual modo egli proceda? La civiltà orientale soccombette alla civiltà greca, la civiltà greca ha ceduto il luogo alla civiltà romana, e una nuova civiltà, uscita dalle foreste della Germania, ha distrutta la civiltà romana: chi sa dire che cosa diverrà quest'ultima? Conquisterà essa il mondo, oppure è destino di ogni civiltà, che, pervenuta al suo più alto sviluppo, debba decadere e morire? Insomma, il genere umano s'aggira perpetuamente nello stesso cerchio, oppure progredisce? oppure indietreggia, come alcuni pretendono? Poichè si è persino supposto che in principio l'uomo fosse in possesso della scienza perfetta, e che, di tradizione in tradizione, questa luce, trasmettendosi, si sia affievolita, e che, senza saperlo, noi ci avviamo alla barbarie per la via della civiltà (1). L'uomo, o signori, si smarrisce davanti a questi

(1) Questa teoria fu sostenuta specialmente da Giuseppe De Maistre.

problemi; perduto come egli è in mezzo alla specie, questo smarrirsi della specie stessa in un mare di tenebre, gli agghiaccia il cuore e confonde la sua imaginazione. Egli si domanda qual sia la legge, sotto l'impero della quale cammina, senza conoscerla, il genere umano, e che lo trascina con sè da un'origine ignorata ad un fine ignorato; e questo è un altro modo, in cui sorge davanti all'uomo il problema del proprio destino.

« Finalmente la scienza ci ha da poco tempo fornito un motivo più formidabile ancora, se così posso dire, perchè questo problema s'affacci alla nostra mente. Voi non ignorate che, frugando nelle viscere della terra, furono messe in luce delle testimonianze e dei documenti autentici risguardanti la storia del piccolo globo, sul quale noi abitiamo. È apparso chiaro che vi è stato un tempo, nel quale la natura non aveva potuto produrre alla superficie del nostro pianeta altro che dei vegetali, vegetali immensi, a petto di cui gli attuali non sono che pigmei, e che non ricoprivano della loro ombra nessun essere animato. Un grande cataclisma sopravvenne a distruggere questa creazione, come se fosse indegna della mano che l'aveva prodotta. Nella seconda creazione, sotto le altissime erbe e le gigantesche foreste, che avevano caratterizzato la prima, strisciano numerosi rettili, primi saggi d'organismo animale, primi proprietarii della terra, di cui erano i soli abitatori. La natura disfece anche questa seconda opera, e nella seguente creazione gettò sulla terra delle specie di quadrupedi ora estinte, animali deformi, grossolanamente organizzati, che vivevano e si riproducevano a gran fatica, e che sembrano il primo abozzo d'un artefice inesperto. La natura distrusse anche questa sua fattura, come aveva fatto delle altre, e, di tentativo in tentativo, passando dal più al meno imperfetto, arrivò all'ultima creazione, che coincide con la comparsa dell'uomo sulla terra. Così l'uomo non sembra essere, da parte del creatore, che un tentativo, tentativo che fu preceduto da molti altri, che il creatore distrusse. Gli immensi rettili e gli informi animali, che sono scomparsi dalla faccia della terra, l'hanno abitata una volta come noi la abitiamo ora. Perchè non potrebbe

venire il giorno, in cui la nostra razza fosse estinta, e le nostre ossa dissotterrate sembrassero alle specie allora viventi un grossolano tentativo d'una natura non ancor sicura di sè stessa? E se noi non siamo che un anello in questa catena di creazioni sempre meno imperfette, se noi non siamo che una cattiva stampa di un tipo sconosciuto, tirata per essere poi lacerata, chi siamo noi dunque, e dove sono le ragioni, per le quali possiamo abbandonarci alla speranza e all'orgoglio?

« Tali sono, o signori, le principali circostanze che, anche in mezzo ad una vita di noncuranza, fanno apparire ad un tratto nell'anima umana il problema del suo destino. Voi vedete che tutte queste circostanze possono essere riassunte sotto una medesima formola, poichè il carattere a tutte comune e l'elemento, il quale fa sì che tutte conducano ugualmente l'anima a questo malinconico ritorno sopra sè stessa, consiste in questo: che esse mettono in evidenza la contraddizione che esiste tra la grandezza naturale dell'anima umana e la miseria della sua condizione attuale; che esse le fanno perdere quella profonda fiducia, che prima aveva in sè stessa; che, mostrandole dappertutto i suoi istinti contrariati, le sue speranze deluse, le sue credenze contraddette, facendole dappertutto apparire dei confini, delle tenebre, dell'impotenza, la mettono in sospetto intorno a sè medesima, e la costringono a riconoscere che il suo destino è un enigma, di cui essa non ha la chiave. Tale è la virtù, che si nasconde in seno a tutte queste circostanze e che fa loro produrre, come a tutte quelle altre in cui essa si trova, i medesimi effetti. Ora queste circostanze sono in sì gran numero, l'insegnamento, che ne deriva, è così immediato e semplice, che è impossibile che l'uomo, per quanto irriflessivo lo si supponga, ed in qualunque condizione lo si imagini, eviti, durante il corso d'una lunga vita, l'affacciarsi del terribile problema. E non crediate già, o signori, che alla considerazione di questo problema arrivino solamente gli uomini colti: anche il pastore sulla cima della montagna è in presenza della natura; anch'egli pensa a ciò che egli è e a ciò che sono gli esseri, che abitano le case sparse per il pendio e nella valle; anch'egli ha degli antenati, che sono scesi nel sepolcro gli uni

dopo gli altri, anch'egli si domanda perchè mai sieno nati e perchè, dopo d'aver trascinata la vita su questa terra per un certo numero d'anni, siano scomparsi per cedere il posto ad altri, che alla lor volta son morti, e perchè vi sia questa continua vicenda, che sembra senza fine e senza ragione. Il pastore pensa come noi a questa infinita creazione, della quale egli non è che un frammento; anch'egli si sente perduto in questa catena, della quale non può vedere le estremità; talvolta gli accade di ricercare qual rapporto esista tra lui e gli animali da lui custoditi, e gli accade benanco di domandarsi se, in quel modo che egli è superiore a loro, non vi siano altri esseri superiori a lui; e, allorchè ha coscienza della propria miseria, facilmente concepisce delle creature più perfette, più capaci di felicità, viventi in mezzo ad una natura più adatta a render felici; e, di suo proprio diritto, coll'autorità che gli viene dalla propria intelligenza, che pur si qualifica debole e ristretta, egli è tanto audace da rivolgere al creatore quest'alta e malinconica domanda: « Perchè m'hai tu creato, e qual'è l'ufficio mio quaggiù? »

« Ora, quando, sotto l'influenza dell'una o dell'altra di queste circostanze, l'uomo è giunto alfine, in un periodo qualunque della sua vita, a proporsi questo problema, terribili dubbii si svegliano nell'anima sua, se egli non ne trova nella fede l'immediata soluzione. So bene che molti uomini, dopo d'aver considerato il problema, sembrano dimenticarsene e non pigliarsene più alcun pensiero; ma non ne dubitate, o signori: una volta che questa idea si è affacciata, essa non può più perire; si può momentaneamente allontanarla, questo è vero, ma liberarsene, mai. E la ragione si è che le medesime cause ce la ricordano continuamente e molto più facilmente di quando l'hanno risvegliata per la prima volta; oltre a ciò la vita e la morte, le tendenze e le miserie della nostra natura, la grandiosità della creazione e le oscurità della storia parlano continuamente all'intelligenza, al cuore, all'anima dell'uomo di ciò che più lo interessa, lo assediano continuamente, lo tormentano senza posa, e non lasciano, una volta svegliatosi, che si riaddormenti. Allora, o signori, l'uomo non è più quello di prima.

THIENE · BIBLIOTECA

esso è profondamente cambiato; uscito dallo stato d'innocenza, egli è giunto allo stato della ragione e della riflessione, cioè allo stato umano propriamente detto. Questo problema somiglia alla fiaccola nel mito di Amore e Psiche; prima di questa terribile rivelazione, l'uomo obbediva a' suoi istinti, e, senza nulla prevedere e senza preoccuparsi di nulla, raggiungeva o no la meta, a cui essi lo spingevano; quando la raggiungeva, era felice; quando non la raggiungeva, ne provava dolore; ma quelle disgrazie passeggiere, ben presto cancellate dall'apparire di nuove passioni, non somigliavano per nulla alla tristezza profonda, all'inguaribile malinconia, che assale chi ha concepito il problema dell'umano destino e ha intraveduto le tenebre che lo avvolgono; allora una corda nuova risuona nell'anima nostra, e tutte le distrazioni del mondo non valgono a impedire che questa corda vibri, e che il più piccolo avvenimento ne risvegli il suono » (1).

DELLE LEGGI IN GENERALE (2)

1. Delle leggi considerate nei rapporti che hanno coi diversi esseri.

102. « Le leggi, prendendo questa parola nel suo più esteso significato, sono i rapporti necessarii, che derivano dalla natura delle cose; e, in questo senso, tutti gli esseri hanno le loro leggi: la divinità (3) ha le sue leggi, il mondo materiale ha le sue leggi, le intelligenze superiori all'umana hanno le loro leggi, le bestie hanno le loro leggi, l'uomo ha le sue.

« Coloro che hanno detto *essere tutti gli effetti, che noi vediamo nel mondo, opera d'una cieca fatalità*, proferirono

---

(1) Jouffroy (1796-1842), *Prolusione al corso di morale* tenuto alla Sorbona nell'anno 1830-1831.

(2) Questo capitolo è l'introduzione alla celebre opera del Presidente De Montesquieu (1689-1755) sullo *Spirito delle leggi*.

(3) « La legge, dice Plutarco, è la regina di tutti, mortali e immortali ». Nel trattato: *È necessario che un principe sia erudito.* (Nota del Montesquieu.)

un'enorme assurdità: infatti, che cosa più assurdo di questo, che una cieca fatalità produca degli esseri intelligenti?

« Vi è dunque una ragione primordiale; e le leggi sono i rapporti che corrono tra questa ragione e i diversi esseri, e i rapporti di questi diversi esseri tra di loro.... Tra un corpo in movimento e un altro corpo pure in movimento, tutti i movimenti sono trasmessi, accresciuti, diminuiti, perduti secondo i rapporti della massa e della velocità: ogni diversità è *uniformità*, ogni cambiamento è *costanza*.

« Gli esseri individuali e intelligenti possono avere delle leggi fatte da loro stessi; ma ne hanno anche di quelle che essi non hanno fatte. Prima che ci fossero degli esseri intelligenti, questi esseri erano possibili: dunque avevano dei rapporti possibili e, per conseguenza, delle leggi possibili. Prima che si facessero delle leggi, v'erano dei rapporti di giustizia possibili. Dire che non vi è nulla di giusto nè di ingiusto, tranne quello che comandano o vietano le leggi positive, val quanto dire che, prima che si tracciasse la circonferenza, tutti i raggi non erano uguali.

« Bisogna adunque ammettere dei rapporti d'equità anteriori alla legge positiva che li sancisce; per esempio: supposto che esistessero delle società umane, sarebbe giusto conformarsi alle loro leggi; supposto che degli esseri intelligenti avessero ricevuto beneficio da un altro essere, essi dovrebbero essergli riconoscenti; supposto che un essere intelligente avesse creato un altro essere intelligente, la creatura dovrebbe restare sotto quella dipendenza, che nacque con la sua origine; supposto che un essere intelligente avesse fatto del male ad un altro essere intelligente, egli meriterebbe di soffrire lo stesso male, e così via.

« Ma il mondo intelligente non è a gran pezza così ben governato come il mondo fisico. Sebbene anche il primo abbia delle leggi, che, per lor natura, sono invariabili, esso non le osserva costantemente, come il mondo fisico osserva le sue. E questo accade perchè gli esseri individuali o intelligenti sono di lor natura limitati e, per conseguenza, soggetti all'errore; e d'altra parte è conforme alla loro natura che essi agiscano per loro stessi. Pertanto essi non osservano costantemente le

loro leggi primitive, e nemmeno obbediscono sempre a quelle che essi stessi s'impongono (1).

2. Delle leggi della natura.

103. « Davanti a tutte queste leggi vanno le leggi della natura, così chiamate perchè derivano unicamente dalla costituzione del nostro essere. Per conoscerle bene, bisogna considerare un uomo prima che le società fossero costituite. Le leggi della natura sono quelle, a cui egli andrebbe soggetto in tale condizione.

« Quella legge, che, imprimendo in noi stessi l'idea d'un creatore, ci fa tendere verso di lui, è la prima delle nostre leggi quanto all'importanza, ma non è la prima nell'ordine delle leggi stesse. L'uomo, nello stato primitivo, non avrebbe delle vere cognizioni, ma solo la facoltà di acquistarne. Egli è chiaro che le sue prime idee non sarebbero idee speculative: a preferenza di tutto egli penserebbe alla propria conservazione. Un uomo simile non avvertirebbe dapprima che la propria debolezza; la sua timidezza sarebbe estrema; e se in questo proposito si volesse cercare il lume dell'esperienza, l'asserto potrebbe esser dimostrato da quegli uomini inselvatichiti, che furono trovati nelle foreste (2); tutto incute loro spavento, tutto li fa fuggire.

« In questo stato ognuno si sente inferiore; il sentimento dell'uguaglianza stenta a svilupparsi. L'uomo non cercherebbe

---

(1) Qui vi è una specie di confusione. Qui il vocabolo *legge* è preso in due sensi, perchè si applica da un lato alle leggi necessarie delle matemamatiche e della fisica, dall'altro alle leggi normative dell'anima [94].

Il Montesquieu, dopo di avere insistito fortemente sui caratteri comuni a queste due specie di leggi, trascura a torto le loro differenze, e nel seguente paragrafo le scambia l'una con l'altra. I diritti dell'uomo possono essere diritti naturali, cioè non convenzionali, come egli osserva giustamente, ma non perciò sono della stessa specie delle leggi naturali, il cui contrario non è cattivo, ma impossibile.

(2) Citiamo ad esempio quel selvaggio, che fu trovato nei boschi dell'*Hannover*, e trasportato in Inghilterra durante il regno di Giorgio I. (Nota del Montesquieu.)

dunque di assalire alcuno, e la pace sarebbe la prima legge naturale.

« Il desiderio, che lo Hobbes presta agli uomini primitivi di soggiogarsi a vicenda, non è cosa ragionevole. L'idea del dominio è così complessa, e dipende da tante altre idee, che è impossibile che ci si presenti per la prima.

« Lo Hobbes (1) domanda perchè, se gli uomini non sono naturalmente nello stato di guerra, vadano sempre armati, e perchè facciano uso di chiavi per chiudere le proprie case. Ma egli non s'è avveduto di avere attribuito agli uomini, prima della formazione delle società, ciò che non può accadere se non dopo tale formazione, in forza della quale essi trovano dei motivi per assalirsi l'un l'altro e per difendersi.

« Al sentimento della sua debolezza l'uomo primitivo aggiungerebbe quello de' suoi bisogni: così un'altra legge naturale sarebbe quella che lo spingerebbe ad alimentarsi.

« Ho detto che la paura indurrebbe gli uomini a fuggirsi reciprocamente; ma i segni di questa vicendevole paura li inviterebbero ben presto ad avvicinarsi, al che sarebbero inoltre indotti dal piacere che un animale prova per la vicinanza d'un altro animale della sua specie. Inoltre questo piacere sarebbe accresciuto dall'attrattiva che inspirano le differenze sessuali, e questa tendenza dei due sessi a unirsi costituirebbe una terza legge naturale.

« Oltre il sentimento, che gli uomini posseggono da principio, essi acquistano a poco a poco delle cognizioni; e questo è un secondo vincolo, di cui gli altri animali sono privi. Ecco un nuovo motivo, che hanno gli uomini per unirsi tra di loro, e il desiderio di vivere in società costituisce una quarta legge naturale.

3. Della natura dei tre diversi governi.

104. « Appena gli uomini sono riuniti in società, perdono il sentimento della propria debolezza, cessano dal considerarsi come uguali, e lo stato di guerra incomincia.

---

(1) *In praefat. lib. de Cive.* (Nota del Montesquieu.)

« Ognuna delle società, nelle quali si son riuniti gli uomini, incomincia ad aver coscienza della propria forza, il che produce uno stato di guerra tra nazione e nazione. Anche gli individui appartenenti a ciascuna società incominciano ad aver coscienza della loro forza, e cercano di rivolgere a proprio profitto i principali vantaggi che la società arreca; il che produce uno stato di guerra tra gli individui.

« Queste due specie di stati di guerra son quelle che dànno origine alle leggi. Gli uomini, considerati come abitatori di un pianeta così grande, che è necessario si dividano in parecchie nazioni, hanno delle leggi, le quali risguardano i rapporti che passano tra queste nazioni; di qui scaturisce il DIRITTO DELLE GENTI. Considerati come viventi in una società, che deve essere mantenuta, hanno delle leggi, che risguardano i rapporti che passano tra quelli che governano e quelli che son governati; di qui nasce il DIRITTO POLITICO. Finalmente hanno delle leggi circa i rapporti, che tutti i cittadini hanno tra di loro, e di qui nasce il DIRITTO CIVILE.

« Il diritto delle genti è naturalmente fondato sul principio che in pace le nazioni devono farsi il più gran bene e in guerra il minor male possibile, senza nuocere ai loro veri interessi.

« Oggetto della guerra è la vittoria, della vittoria la conquista, della conquista la conservazione. Da questo principio e dal precedente derivano tutte le leggi che costituiscono il diritto delle genti.

« Tutte le nazioni hanno un diritto delle genti, persino gli Irocchesi, che mangiano i prigionieri. Essi mandano e ricevono ambascierie e conoscono i diritti della guerra e della pace. Il male si è che il loro diritto delle genti non è basato sui veri principii.

« Oltre il diritto delle genti, che risguarda tutte le società, vi è un diritto politico per ciascuna società. Una società non potrebbe sussistere senza governo. « La riunione di tutte le forze individuali, dice benissimo il Gravina, forma ciò che si chiama lo STATO POLITICO » (1).

---

(1) GIAN VINCENZO GRAVINA (1664-1718), giureconsulto italiano, autore

« La forza generale può essere affidata alle mani di un solo o a quelle di molti. Alcuni hanno pensato che, avendo la natura stabilito la potestà paterna, il governo d'un solo fosse il più conforme a natura. Ma l'esempio del potere paterno non prova nulla. Poichè se il potere paterno ha analogia col governo d'un solo, dopo la morte del padre, il potere dei fratelli, o, morti i fratelli, il potere dei cugini, ha analogia col potere di molti. La potenza politica richiede necessariamente l'unione di più famiglie.

« È preferibile ammettere che il governo più conforme a natura si è quello, la speciale organizzazione del quale convien meglio alle tendenze del popolo, per cui esso governo è istituito.

« Le forze individuali non possono riunirsi senza che si riuniscano tutte le volontà. « L'unione di queste volontà, dice ancora benissimo il Gravina, costituisce ciò che si chiama lo STATO CIVILE ».

« La legge, generalmente parlando, è la ragione umana in quanto governa tutti i popoli della terra, e le leggi politiche e civili di ciascuna nazione non devono essere che i casi particolari, ai quali la ragione umana si applica.

« Esse debbono essere talmente appropriate al popolo, pel quale son fatte, che è caso singolarissimo che quelle di una nazione possano riuscire opportune per un'altra.

« Bisogna che le leggi si riferiscano alla natura e al principio del governo, che si è istituito o che si vuole istituire, sia che esse lo formino, come fanno le leggi politiche, sia che lo mantengano, come fanno le leggi civili.

« Le leggi devono essere relative alle condizioni fisiche del paese; al clima glaciale, torrido o temperato; alla qualità del suolo, alla sua giacitura, alla sua estensione; al genere di vita della popolazione, agricola, cacciatrice o pastorizia; debbono inoltre aver riguardo al grado di libertà, che la costituzione può comportare, alla religione, alle tendenze, alla ricchezza, al numero, allo sviluppo commerciale, ai costumi e al carattere

---

del *De ortu et progressu iuris civilis*, e di un altro libro intitolato: *De imperio romano*.

degli abitanti. Finalmente le leggi sono in rapporto l'una con l'altra, con la propria origine, con lo scopo, che il legislatore si propone, con l'ordine delle cose che debbono regolare. Gli è da tutti questi punti di vista che fa d'uopo considerarle.

« Nella presente opera io intendo di occuparmi appunto di tutto questo. Prenderò dunque in esame i sopradetti rapporti, il complesso dei quali costituisce ciò che si chiama lo spirito delle leggi » (1).

Che lo stato è una « persona morale ».

105. « Io suppongo gli uomini arrivati a quel punto, in cui gli ostacoli, che, nello stato di natura, s'oppongono alla loro conservazione, vincono colla loro resistenza le forze, che ogni individuo può mettere in opera per mantenersi nel detto stato. Allora questo stato primitivo non può più sussistere, e il genere umano perirebbe, se non ricorresse ad altra maniera di vivere.

« Ora, siccome gli uomini non possono produrre nessuna forza nuova, ma solamente riunire e governare quelle forze, che già esistono, essi non hanno altro mezzo per conservarsi, che formare, per via di aggregazione, una somma di forze, che possa vincere la sopradetta resistenza, dar loro l'impulso mediante un solo motore, e farle agire d'accordo le une con le altre.

« Questa somma di forze non può nascere che dal concorso di molti; ma la forza e la libertà di ciascun uomo essendo i primi strumenti della sua conservazione, come potrà egli impegnarli senza trascurare la cura che deve a sè medesimo? Questa difficoltà, considerata in rapporto col mio argomento, può definirsi nei termini seguenti: « Trovare una forma d'associazione, che difenda e protegga, mediante tutta la forza comune, la persona e gli averi di ciascun associato, e in virtù della quale ciascuno, unendosi a tutti, obbedisca nondimeno solamente a sè stesso, e rimanga non meno libero di prima ». Questo è il problema fondamentale, di cui il contratto sociale ci dà la soluzione.

« Le clausule di questo contratto sono talmente determinate

---

(1) MONTESQUIEU, *Lo spirito delle leggi*, libro I.

dalla natura dell'atto, che la menoma modificazione le renderebbe vane e di nessun effetto, di maniera che, sebbene esse non sieno mai state formalmente enunciate, sono tuttavia dappertutto le stesse, dappertutto sono tacitamente ammesse e riconosciute, finchè, avvenuta qualche violazione del patto sociale, ciascuno rientra ne' suoi primitivi diritti, e ripiglia la sua libertà naturale, perdendo quella libertà convenzionale, che egli aveva accettato in cambio della prima.

« Queste clausule, se ben s'intendono, si riducono tutte ad una sola, cioè: l'alienazione totale di ogni associato, con tutti i suoi diritti, a tutto il comune; poichè, in primo luogo, siccome ciascuno si abbandona intieramente al comune, la condizione è uguale per tutti, poi perchè, essendo la condizione uguale per tutti, nessuno ha interesse di renderla gravosa agli altri.

Inoltre, siccome questa alienazione si fa senza riserve, l'unione che ne risulta è la più perfetta possibile, e nessun associato può reclamare più nulla, poichè, se qualche diritto rimanesse agli individui, non essendovi più alcuna autorità superiore, che potesse decidere tra gli individui e il comune, gli individui, giudicando in certi casi in causa propria, vorrebbero ben presto far lo stesso in tutti i casi: lo stato di natura sussisterebbe, e l'associazione di necessità diventerebbe o tirannica o vana.

« Finalmente ciascuno, abbandonandosi a tutti, non si abbandona in realtà a nessuno; e siccome ogni associato acquista sopra ciascuno degli altri i medesimi diritti, che egli gli ha ceduti sopra di sè, si guadagna l'equivalente di ciò che si perde, e una maggior forza per conservare ciò che si ha.

« Se adunque si rimuove dal patto sociale ciò che non gli è essenziale, si troverà che esso può ridursi ai termini seguenti: « Ciascuno di noi mette in comune la propria persona e tutta la sua forza sotto la suprema direzione della volontà generale, e noi riceviamo aggregati insieme tutti i singoli membri come parti indivisibili del tutto ».

« *Ipso facto*, in luogo della persona separata di ciascun contraente, questo atto di associazione produce un *corpo morale e collettivo* composto di tanti membri quanti voti ha la

riunione, il qual corpo riceve da questo medesimo atto la sua unità, il suo *io* comune, la sua vita e la sua volontà. Questa personalità pubblica, che si forma così mediante l'unione di tutte le altre, dicevasi anticamente *città*, e ora si chiama *repubblica* o *corpo politico*, a cui i membri che gli appartengono danno il nome di *stato* quando è passivo, di *sovrano* quando è attivo, e di *potenza* quando lo si paragona a' suoi simili. Quanto agli associati, essi prendono collettivamente il nome di *popolo*, singolarmente di *cittadini*, in quanto partecipano dell'autorità sovrana, e di *sudditi* in quanto sono sottoposti alle leggi dello stato. Ma spesso questi termini si confondono e si prendono l'uno per l'altro; basta saper discernere quando è che vengono adoperati nel loro senso proprio e preciso » (1).

Della storia e delle scienze di erudizione.

106. A prima vista può sembrar strano che due cose così dissimili come lo sono la *storia politica* e la *storia naturale* vengano indicate col medesimo termine. Ma questa comunanza di nome non è tuttavia senza ragione. Tanto l'una che l'altra sono infatti scienze di erudizione, e sotto questo rapporto presentano dei caratteri comuni.

Le scienze raccolte sotto questo nome dipendono principalmente dalla memoria [19], ed hanno per oggetto la semplice descrizione dei fatti, per modo che farebbero eccezione all'assioma di Aristotele: « Non vi è scienza se non del generale », se la loro ragion d'essere non si trovasse fuor di loro stesse, cioè nelle corrispondenti scienze esplicative,

---

(1) G. G. Rousseau, *Contratto sociale* I, 6. — Avvertiamo che il concetto del contratto sociale, teoricamente giusto, non ha però alcun fondamento storico. (N. d. T.)

delle quali sono, per così dire, il primo gradino. Così esse occupano, rispetto alle scienze sperimentali della natura o dell'anima, il medesimo posto, che queste ultime occupano rispetto alle scienze deduttive; si confondono con loro a misura che divengono sempre più perfette, e, al limite, sarebbero da loro intieramente assorbite, se la mente umana fosse capace di arrivarvi.

Da ciò deriva come natural conseguenza che, ad un'epoca più remota della civiltà scientifica, il numero di queste scienze era maggiore, e che questo punto di vista aveva un'importanza molto più considerevole nel complesso delle cognizioni umane. Per convincersene, basta consultare le classificazioni di Bacone e del d'Alembert, oppure, risalendo più addietro, esaminare in proposito le opere scientifiche dei Romani e dei Greci. Ancora al presente vi sono i pazienti raccoglitori, che mettono assieme gli erbarii, e riuniscono in catalogo tutta la flora d'una regione, e vi sono gli scienziati che studiano nei loro laboratorii la fisiologia dei vegetali; ma non si può negare che quest'ultimo genere di ricerche segni un grande progresso nella successione dei problemi, che gli uomini si propongono di risolvere, e che inoltre la scienza esplicativa, edificata che sia, rischiari mirabilmente tutti i particolari forniti dalla scienza descrittiva, da cui essa è nata.

107. « Rispetto a tutti gli ordini dei fenomeni bisogna distinguere due specie di scienze: le une, astratte e generali, hanno per oggetto la scoperta delle leggi, che presiedono alle diverse classi di fenomeni, prendendo in considerazione tutti i casi imaginabili; le altre concrete, particolari, descrittive, che si indicano talvolta colla denominazione di scienze naturali

propriamente dette, consistono nell'applicazione di queste leggi alla storia effettiva dei varii esseri esistenti.

« La distinzione che precede non può presentare difficoltà alcuna a tutti coloro che hanno qualche cognizione speciale delle varie scienze positive, poichè essa equivale a un di presso a quella che trovasi ordinariamente enunciata in quasi tutti i trattati scientifici, allorchè si paragona la fisica dogmatica alla storia naturale propriamente detta [22]. Alcuni esempi basteranno per rendere evidente questa distinzione, l'importanza della quale non è stata finora bastantemente apprezzata.

« Si potrà anzitutto scorgerla molto chiaramente paragonando da una parte la fisiologia generale, dall'altra la zoologia e la botanica propriamente dette. Infatti lo studiare in generale le leggi della vita e il determinare la maniera d'esistenza di ciascun corpo vivente in particolare, son due lavori di carattere molto diverso. Questo secondo studio è inoltre necessariamente fondato sul primo (1).

« Lo stesso accade della chimica rispetto alla mineralogia. Evidentemente la prima è la base *razionale* della seconda. Nella chimica si considerano tutte le possibili combinazioni delle molecole in tutte le circostanze imaginabili; nella mineralogia, tra le dette combinazioni, si considerano soltanto quelle che hanno luogo nella costituzione effettiva del globo terrestre, sotto l'influenza di quelle sole circostanze, che sono a lui proprie. Per vedere chiaramente la differenza che passa tra il punto di vista chimico e il punto di vista mineralogico, sebbene le due scienze versino sopra i medesimi oggetti, bisogna considerare che la massima parte dei fatti considerati nella prima non hanno che un'esistenza artificiale, di guisa che un corpo, come il cloro o il potassio, può avere grandissima importanza in chimica per il numero e l'energia delle sue affinità, mentre in mineralogia è quasi insignificante. Viceversa, un composto, come il granito o il quarzo, ha un'importanza capitale in minera-

(1) Dal punto di vista logico e razionale, come avverte più sotto lo stesso Comte. Poichè è evidente che dal punto di vista storico è accaduto il contrario, e che si è cominciato dalle scienze puramente descrittive.

logia, mentre sotto l'aspetto chimico non offre che un mediocrissimo interesse.

« Quel che rende in generale ancor più sentita la necessità logica di questa distinzione fondamentale tra le due grandi sezioni della filosofia naturale, si è che non solamente ogni sezione della fisica concreta suppone la precedente coltura della sezione corrispondente della fisica astratta, ma esige perfino la conoscenza delle leggi generali riferentisi a tutti gli ordini dei fenomeni..... Lo stesso accade di tutte le scienze naturali propriamente dette. Dapprima non si poterono raccogliere in proposito che materiali più o meno incoerenti, che sono per di più molto incompleti. I fatti ora conosciuti non potranno essere coordinati in modo da formare delle vere teorie speciali sopra i diversi esseri dell'universo, se non quando la distinzione fondamentale, di cui abbiamo sopra parlato, sarà più profondamente sentita e più regolarmente organizzata, e che per conseguenza gli scienziati, che si danno particolarmente allo studio delle scienze naturali propriamente dette, avranno riconosciuta la necessità di basare le loro ricerche sopra la profonda conoscenza di tutte le scienze fondamentali, condizione che ancora al presente è ben lungi dall'essere soddisfatta in modo conveniente » (1).

108. Le scienze d'erudizione possono dividersi in due grandi classi, secondo che si occupano dell'uomo o della natura. Nel primo caso esse costituiscono la *storia* propriamente detta, civile, politica o religiosa, con le sue numerose scienze ausiliarie, come l'archeologia, la numismatica, la simbolica (2), la storia dell'arte e quella della letteratura. Nel secondo caso comprendono tutta la parte descrittiva delle scienze cosmologiche, vale a dire in primo luogo la geografia e la cosmografia, intendendo questo termine alquanto

(1) Augusto Comte, *Corso di filosofia positiva*, lezione 2ª.
(2) Scienza dei simboli religiosi, politici, filosofici, ecc.

vago in un senso al tutto analogo al precedente; poi la descrizione delle roccie, dei terreni, della loro flora, della loro fauna, e inoltre, se vuolsi, delle popolazioni che vi abitano.

Ad onta del parallelismo logico, che noi abbiamo osservato più sopra tra queste due grandi divisioni delle scienze descrittive, la loro importanza è molto disuguale. Quella della prima, cioè della storia propriamente detta, è considerevole, poichè le scienze esplicative a lei annesse sono ancora nell'infanzia. Malgrado i molti sforzi, malgrado parecchi mirabili tentativi, le leggi delle società e delle civiltà non si sono ancora trovate; per cui la descrizione e il racconto dei fatti rimane sempre la parte essenziale. L'importanza della seconda è, al contrario, scemata di molto, e va scemando sempre più, perchè nelle scienze fisiche e naturali il metodo sperimentale si è definitivamente sostituito all'osservazione. Laonde, se noi ci proponessimo, come Bacone, di costruire un catalogo logico di tutte le scienze possibili, e di assegnare a ciascuna il suo posto prescindendo dalla materia, di cui realmente si occupa, noi dovremmo destinare alle scienze d'erudizione una sezione speciale indipendente tanto dalle scienze morali quanto dalle fisiche; ma lo stato attuale ed effettivo di questo genere di studi li lega alle scienze sociali tanto strettamente, che il volerneli staccare non sarebbe far cosa utile. D'altra parte l'uso mette la storia tra le scienze sociali e politiche, e le divisioni delle Facoltà, delle Accademie e degli Istituti scientifici consacrano questo precedente. Gli è per conseguenza più naturale accettarlo, anzichè tentare una riforma giustificata certamente dalla logica, ma che lo stato attuale delle nostre cognizioni lascierà per lungo

tempo ancora nel numero delle teorie, se pure essa non è destinata a rimanervi per sempre.

Sunto delle regole della critica storica.

109. « I. Ogni fatto non rivelato, che non possa conciliarsi colle leggi costanti della natura fisica, devesi rigettare come favoloso; sarebbe fatica sprecata enumerare e valutare le testimonianze, che lo asseriscono. Esso è di necessità erroneo o inventato.

« II. Tuttavia, prima di rigettare un fatto come soprannaturale o chimerico, è necessario esaminare, se il narratore, che gli attribuisce questo carattere, non si sia lasciato ingannare da vane apparenze, e se ciò, che egli ha preso per un prodigio, non sia piuttosto l'effetto di qualche legge fisica mal nota. In questo caso, per renderlo credibile, basterebbe rimuovere le circostanze, che lo oscurano, e l'impronta di miracolo, che la credulità gli ha attribuito.

« III. La ragione rifiuta altresì ogni fiducia ai racconti, che mal s'accordano con quelli, da cui sono preceduti o seguiti, o che presentano un complesso di particolari strani e poco compatibili coll'andamento ordinario della vita sociale. Simili fatti sono, a tutto rigore, possibili, ma la loro grande inverosimiglianza li esclude dalla storia, nella quale non si deve accettare che il probabile o il certo.

« IV. Il solo caso, nel quale un fatto, per sè stesso inverosimile, dovrebbe essere accettato dalla storia, sarebbe quello nel quale le testimonianze che lo affermano sembrassero ad un tempo così positive, così numerose e gravi, che la loro falsità risultasse più straordinaria, più strana e più inesplicabile del fatto stesso.

« V. Se ad una credenza storica, che fosse inammissibile secondo le regole precedenti, si è prestato fede per lungo tempo, e se l'influenza da essa esercitata sui popoli merita di essere considerata nella loro storia, bisogna farne menzione, ma in termini che non lascino luogo a errore alcuno, e che

non permettano più di confondere una favola con ciò che è veramente del dominio storico.

« VI. Se una tradizione offre un carattere comunque sia miracoloso o insolito, bisogna rigettarla senz'altro (1).

« VII. Le tradizioni non devonsi ammettere, se non quando sono per sè stesse molto verosimili; e in questo non frequente caso, non bisogna attribuir loro d'ordinario che un qualche grado di semplice probabilità.

« VIII. Un racconto tradizionale non deve essere considerato come certo, se non quando, essendo intrinsecamente probabile, si è propagato e conservato durante il corso di molti secoli, presso parecchi popoli, e dappertutto ha ottenuto piena fede.

« IX. Prima di trarre da un monumento qualche conclusione, devesi aver cura anzitutto di assicurarsi della sua autenticità, cioè che esso appartiene al tempo, al luogo, ai personaggi, ai quali si vuol riferirlo. Tale sicurezza si ottiene esaminando il monumento stesso e studiando le menzioni, che se sono successivamente fatte in tempi diversi, dopo la sua erezione.

« X. La perdita di un monumento non è che in parte riparata o compensata dalle descrizioni autentiche e molto particolareggiate, fatte da autori attenti e veritieri, che l'abbian veduto da vicino e studiato a lungo.

« XI. Nessuna conseguenza storica può mai essere dedotta da un monumento enigmatico; e come tali debbonsi considerare tutti quei monumenti, che non sono immediatamente intelligibili, tutti quelli, dei quali non si può determinare lo scopo e capire il senso, se non a forza di confronti, di congetture e di dissertazioni.

« XII. Le medaglie e le iscrizioni, quando sono ad un tempo chiare e autentiche, forniscono alla storia nomi e date per solito degne di fede.

« XIII. Le medaglie e le iscrizioni non bastano a stabilire dei fatti propriamente detti, nè ad accertare delle azioni memora-

---

(1) Questa regola e le due seguenti sono esageratissime: poichè spesso delle tradizioni pienamente fondate sono parse strane e persino assurde a cagione dell'ignoranza o dei pregiudizii d'un dato tempo.

bili, perchè l'adulazione e la politica v'introducono spesso delle inesattezze o delle menzogne; e neppure si può fidarsi delle qualifiche che contengono; ma questi monumenti servono a confermare i particolari, che si leggono nelle relazioni originali.

« XIV. Molte carte, che si pretendono anteriori all'anno 1000 dell'èra volgare, son false; fino al detto anno non bisogna servirsi, per la storia, di questa specie di monumenti, che con la più grande circospezione.

« XV. Dopo l'anno 1000, e specialmente dopo il 1200, si hanno mezzi sicuri per controllare l'autenticità dei documenti conservati negli archivi, i quali da quel tempo divengono fonti pure e sempre più feconde d'informazione storica.

« XVI. I processi verbali, rapporti, bollettini, ecc., compilati in presenza dei fatti, forniscono, generalmente, in modo esatto i nomi, le date e le circostanze materiali.

« XVII. Le anzidette relazioni ufficiali sono state qualche volta più o men gravemente alterate a cagione d'interessi politici; quando vi è possibilità di confrontarle con narrazioni speciali pubblicate contemporaneamente sugli stessi argomenti, non si deve trascurare di usar tale cautela.

« XVIII. Anche i processi verbali più fedeli non forniscono mai una perfetta conoscenza del carattere morale o politico nè dei fatti nè dei personaggi.

« XIX. La fiducia, che devesi accordare alle memorie private scritte giorno per giorno, è proporzionale a quella che ispirano le doti personali del redattore, la sua perspicacia e la sua buona fede. Bisogna sempre toglierne tutto ciò che ha del prodigio o del romanzesco; il resto lo si deve considerare come solamente probabile, a meno che non sia confermato da altre relazioni.

« XX. Dal principio del secolo XVII in poi i giornali pubblici o gazzette politiche forniscono con esattezza molte date e circostanze materiali dei grandi avvenimenti.

« XXI. Si devono considerare come certi i particolari, su cui vanno d'accordo i fogli periodici redatti da persone indipendenti, che appartengono a diversi partiti e hanno opinioni e interessi diversi.

« XXII. I giornali ufficiali o espressamente riconosciuti dal governo come suoi organi, sono per solito esatti in ciò che risguarda le circostanze esteriori e i risultati visibili dei fatti pubblici.

« XXIII. Nessuna fiducia si deve riporre in quei giornali, che un governo ispira e dirige clandestinamente; le informazioni che essi contengono debbonsi ritener nulle, se non sono confermate da relazioni scritte con piena indipendenza.

« XXIV. Le memorie d'un autore sulle proprie azioni, sulle sue avventure, sugli affari, ai quali ha preso parte, devono prendersi in considerazione, se non come testimonianze disinteressate, almeno come documenti e informazioni utili fornite con piena cognizione di causa, ma non scevre di parzialità Gli scritti di questo genere offrono alla storia dei materiali preziosi, ma bisogna sottoporli ad un severo esame.

« XXV. Le memorie degli scrittori di ogni secolo sui fatti accaduti al loro tempo, cioè durante la loro vita e anche alcuni anni prima della loro nascita, costituiscono il principal fondamento della scienza storica; essa conta anche altre fonti, ma questa è la più abbondante e la più degna di considerazione.

« XXVI. La prima cura a proposito di questa categoria d'informazioni sarà quella di accertarsi della loro autenticità, di eliminare quelle che fossero state compilate in tempi posteriori e falsamente attribuite agli scrittori, di cui portano il nome.

« XXVII. Quando si è conosciuto il vero autore, bisogna raccogliere tutto ciò che si può sapere della sua vita personale, delle sue abitudini e relazioni, delle sue qualità intellettuali e morali, della fiducia e della stima, che egli ha inspirato a' suoi contemporanei.

« XXVIII. Le sue informazioni si debbono considerare come destituite d'ogni valore, se l'autore non ha avuto modo di verificare i fatti da lui riferiti.

« XXIX. Nessuna fede deve essere prestata a ciò che racconta chi evidentemente è ispirato da personale interesse.

« XXX. Devesi diffidare maggiormente ancora di chi scrive unicamente per piacere a' suoi padroni, per adulare i potenti o qualche fazione pericolosa.

« XXXI. Il titolo di storiografo stipendiato rende sospetto lo scrittore, al quale è stato conferito, sebbene l'abbiano avuto anche uomini, che ci lasciarono opere degne di fiducia.

« XXXII. È cosa prudente, non già rigettare, ma esaminare per bene le informazioni di uno storico, il quale si mostrasse inclinato alla satira o a denigrare i personaggi, che egli mette in scena.

« XXXIII. Si ha diritto di relegare tra i romanzieri quegli autori, che, per naturale inclinazione del loro ingegno, o per colpire più vivamente l'imaginazione dei loro lettori, accumulano i racconti meravigliosi, e ravvisano nella maggior parte dei fatti delle circostanze meravigliose.

« XXXIV. Pur diffidando di chi lascia scorgere il suo attaccamento a una setta, a un partito, ad una fazione, non bisogna pensare che la verità si trovi soltanto in quei cronisti, che sono tanto apatici da registrare con la massima indifferenza le imprese, le rivoluzioni e le catastrofi, a cui dicono d'avere assistito.

« XXXV. Quando vi è divergenza o contraddizione tra le informazioni originali, la critica decide mediante il confronto, appoggiandosi più all'autorità che al numero delle testimonianze; ma, in questo caso, i risultati non giungono quasi mai a certezza; solo arrivano ad un certo grado di probabilità.

« XXXVI. Chiamasi argomento negativo quello che si fonda sul silenzio di un contemporaneo; questo argomento acquista forza grandissima allorchè l'autore, che ha taciuto il fatto, è un uomo colto, assennato ed esatto, che avrebbe perciò dovuto conoscere il fatto e riferirlo.

« XXXVII. Mancando informazioni scritte nel tempo stesso, in cui avvenivano i fatti, si è costretti ad accontentarsi delle relazioni compilate un secolo o un secolo e mezzo più tardi; ma converrà assoggettarle a tutti i controlli, di cui abbiamo precedentemente parlato, ben più rigorosamente dei documenti contemporanei. Di regola, ciò che riferiscono queste fonti posteriori, non vuol essere risguardato che come probabile.

« XXXVIII. Oltre alle diverse specie di racconti immediati, ai quali abbiamo accennato, e oltre ai dati forniti dai monu-

menti, la storia può ricorrere alle raccolte o, se così possiam dire, ai magazzini di notizie storiche.

« XXXIX. Come è naturale, si riterranno per maggiormente autorevoli quelle raccolte che sono state compilate nel paese, al quale si riferiscono, e alla fine dei periodi storici, di cui si occupano. Ma ne esistono moltissime, che furono messe assieme in luoghi assai lontani e in tempi di molto posteriori.

« XL. Il lavoro, che la critica deve fare sopra queste raccolte o magazzini di notizie, a qualunque delle due classi appartengano, consiste nel decomporle e nel verificare che cosa contengano di tradizionale, di monumentale o desunto da relazioni contemporanee o molto vicine ai fatti.

« XLI. Vi sono molte raccolte di notizie storiche e molti annali, i quali non sono composti, in gran parte, che di tradizioni; contengono molte narrazioni, che non si fondano nè sopra monumenti nè sopra informazioni originali tuttora esistenti.

« XLII. Le citazioni o menzioni, fatte in queste raccolte, di libri più antichi e al presente perduti, non hanno valore, se non riuniscono queste due rarissime condizioni: 1° Che l'autore citato sia stato contemporaneo ai fatti; — 2.° Che, quanto agli autori che cita, la fedeltà delle citazioni, che noi non possiamo verificare direttamente, ci sia garantita dall'esattezza di quelle che possiamo verificare.

« XLIII. Le compilazioni moderne di storie antiche o straniere non presentano di pregevole che l'indicazione esatta delle fonti, da cui sono stati tratti i materiali, che le compongono.

« XLIV. Esaminando i compendii storici, la critica deve rifiutare come falso o sospetto ciò che non si rinviene nelle fonti, o per lo meno nei grandi annali.

« XLV. I compendii alterano le nozioni storiche anche quando sopprimono dei fatti o delle circostanze di capitale importanza, e quando ad informazioni precise sostituiscono espressioni vaghe, e concezioni generali e astratte.

« XLVI. I semplici estratti storici non hanno che una piccolissima autorità, massime quando la loro classificazione si basa sopra qualche sistema morale o scientifico: poichè allora

si può presumere che il compilatore si è occupato molto più di favorire il sistema che di verificare i fatti.

« XLVII. In ogni caso la critica giudica di questi estratti risalendo alle fonti, che ne hanno fornito i materiali.

« XLVIII. La critica procede in ugual modo nel giudicare le brevi notizie biografiche raccolte in ordine o cronologico o alfabetico.

« XLIX. Si possono considerare come estratti le menzioni o allusioni storiche, che trovansi nei libri estranei alla storia, quando si tratta di fatti anteriori al tempo, in cui questi libri vennero compilati. Sebbene vi siano dei punti di storia antica, che ci son noti solamente in questo modo, questo genere di documenti non si deve accettare che con molta circospezione, perchè, in generale, gli autori, che ce li presentano, si occuparono ben più di adattare i fatti agli argomenti, che dovevano trattare, che non di verificarli.

« Queste sono le regole della critica storica propriamente detta, voglio dire di quella, che tende a giudicare della certezza o della probabilità dei fatti mediante l'esame sia dei fatti intrinsecamente considerati sia dei racconti immediati o posteriori, che a noi ne pervennero » (1).

L'ipotesi nella storia.

110. L'ipotesi ha un ufficio nella storia come lo ha nelle scienze della natura. E fors'anco, tenuto conto del carattere proprio a questa scienza, bisogna riconoscere che quella facoltà d'intuizione e d'imaginazione creatrice, che indovina d'un tratto e con un colpo d'occhio il risultato, che un metodo rigoroso tenterà poscia di dimostrare, vi ha una parte preponderante. « La storia, diceva il Michelet, è una

(1) DAUNOU (1761-1840), *Corso di studii storici*, Didot editore, vol. I, pag. 467-476.

resurrezione. » Bisogna dunque che lo storico sia un veggente capace di rievocare i secoli e gli uomini, e per di più un erudito abituato a discutere metodicamente le prove e le testimonianze. Bisogna che egli scopra, vale a dire che inventi e crei; egli deve sentire in un certo momento sorgere nella sua mente l'idea direttrice, la quale non è ancora che un'ipotesi, ma che potrà diventare verità coll'aiuto di una critica ben condotta. Agostino Thierry racconta in una delle sue prefazioni come l'idea della conquista normanna gli sia apparsa un giorno quale chiave della storia d'Inghilterra, come questa ipotesi abbia tosto dilucidati i rapporti degli avvenimenti, come lo abbia condotto a delle idee in parte giuste, in parte esagerate, e come finalmente un metodo di discussione rigorosa abbia fissato definitivamente per lui ciò che v'era di falso e di vero in questo concetto:

« Questo districarsi di un pensiero dapprincipio confuso e temerario, che poco a poco si eleva, mediante lo studio paziente dei fatti, sino alla precisione scientifica; quelle semplici pagine, abozzo primitivo di ciò che più tardi ha riempito dei volumi; le varianti sacrificate a qualche cosa di più completo e finito; tutto questo può, se io non m'inganno, non riuscir privo d'interesse, sia per quelle persone, che, avendo approvato i finali risultamenti de' miei lavori, avessero curiosità di conoscere ogni punto della via da me percorsa, sia per quelle, che provan piacere nell'osservare come procede la mente umana ne' suoi varii sviluppi intellettuali.

« Una cosa, che forse sarà notata, è questa: che fin dall'inizio de' miei tentativi nel campo storico, la mia attenzione si è fissata, come per istinto, sull'argomento, che in appresso io ho trattato più estesamente di tutti gli altri. Nel 1817 io cooperava alla redazione del *Censore Europeo*, la più grave, e nello stesso tempo la più arrischiata in teorie, tra le pubblicazioni

liberali di quel tempo. All'odio del despotismo militare, frutto della reazione degli animi contro il regime imperiale, si aggiungeva in me una profonda avversione per le tirannie rivoluzionarie, e, senza che io parteggiassi per una qualunque forma di governo, un certo disgusto per le istituzioni inglesi, che allora in Francia erano scimmiottate in modo odioso e ridicolo. Un giorno, che, per appoggiare questa mia opinione sopra un esame storico, io rileggeva attentamente alcuni capitoli dello Hume, fui colpito da un'idea, che mi parve uno sprazzo di luce, e chiudendo il libro, esclamai: *Tutto questo data da una conquista; sotto a tutto questo vi è il fatto di una conquista.* Immediatamente concepii il disegno di rifare, considerandola sotto questo nuovo punto di vista, la storia delle rivoluzioni d'Inghilterra; e la prima parte del mio saggio storico, primo tentativo di questo genere, a cui mi fossi accinto, comparve di lì a poco sul *Censore Europeo.*

« Questo piccolo lavoro, affatto sommario, conduceva il lettore dall'invasione normanna nel secolo XI, fino alla morte di Carlo I. La rivoluzione del 1640 vi era presentata sotto l'aspetto di una grande reazione nazionale contro l'ordine di cose stabilito, sei secoli prima, dalla conquista straniera. Qui io avrei dovuto fermarmi: il già fatto era abbastanza audace, o, per meglio dire, temerario. Ma il mio ardore in politica e la mia inesperienza nella storia mi trascinarono più in là, e, sempre con le medesime formole di *conquista e assoggettamento, di padroni e di servi,* io continuai, entrando in più minuti particolari, il racconto delle vicende politiche sino alla fine del regno di Carlo II. Io vedevo nella elevazione di Cromwell e nel trionfo del partito militare su tutti gli altri partiti della rivoluzione, una nuova conquista, proditoriamente effettuata all'ombra della bandiera nazionale. La ristorazione degli Stuardi, compiuta dall'esercito di Monk, mi sembrava un patto d'alleanza a scopo di vantaggio reciproco tra gli antichi e i nuovi conquistatori. Dopo aver perduto molto tempo e molta fatica per ottenere dei risultati fittizii, m'accorsi che io svisava la storia imponendo formole identiche a tempi essenzialmente diversi. Risolvetti pertanto di cambiar sistema e di

lasciare a ciascun periodo la sua forma e il suo carattere particolare; ma non rinunciai all'idea di rannodare fortemente al fatto della conquista normanna la storia moderna dell'Inghilterra. Quel gran fatto, accompagnato da tutte le sue conseguenze sociali, aveva colpito la mia imaginazione come un problema, di cui non si fosse ancor trovata la soluzione, problema pieno di misteri, e di grandissima importanza sotto il doppio rapporto della politica e della storia » (1).

Delle doti necessarie ad uno storico.

111. « Tra le opere della mente umana, nessuna mi par superiore all'alta poesia. Ma nessuno vorrà mettere in dubbio che vi sono dei periodi più idonei a gustarla che a produrla. Le società hanno le loro età, come gli individui, e ogni età ha le sue occupazioni particolari. Ora io ho sempre considerato la storia come l'occupazione che conviene, se non esclusivamente, certo più specialmente al tempo nostro. Noi non abbiamo perduta la facoltà di interessarci alle grandi cose, e, in ogni modo, il nostro secolo sarebbe bastato a farcela riacquistare; ma abbiamo, d'altra parte, acquistata quell'esperienza, che ci fa atti a valutarle e a giudicarle. Perciò, fin dalla mia gioventù, io mi son dedicato con passione agli studi storici, persuaso che io faceva quello che il mio secolo era più adattato a fare. Ho speso trent'anni della mia vita nella compilazione di opere storiche, e aggiungerò che, pur vivendo in mezzo ai pubblici affari, mai non mi sono separato da quella che potrei chiamare l'arte mia. Allorchè, alla vista di troni pericolanti, in mezzo alle assemblee agitate dalla voce di potenti tribuni, o minacciate dalla moltitudine, potevo abbandonarmi per qualche istante alla riflessione, io non vedevo più questo o quell'individuo che portava un nome moderno, ma soltanto le eterne figure di tutti i tempi e di tutti i luoghi, che in Atene, in Roma, in Firenze avevano agito nei tempi passati appunto come quelle che io

---

(1) Agostino Thierry (1795-1856), *Dieci anni di studi storici*, prefazione.

vedevo muoversi sotto i miei occhi. Questo faceva sì che io ne fossi ad un tempo meno irritato e meno turbato, perchè quegli spettacoli non mi riuscivano nuovi, e perchè assistevo non già alla scena d'un giorno, ma alla scena eterna organizzata da Dio, quando ha riunito l'uomo in società con tutte le sue passioni, grandi o meschine, abiette o generose; l'uomo, che è sempre simile a sè stesso, sempre agitato e sempre guidato da leggi altrettanto recondite che immutabili.

« L'osservazione continua degli uomini e degli avvenimenti, o, come dicono i pittori, l'osservazione della natura, non basta: per iscriver bene la storia bisogna possedere un dono speciale. Quale è questo dono? Consiste esso nello spirito, nell'immaginazione, nella critica, nell'arte di comporre, nel talento di ritrarre? A queste domande io risponderò che sarebbe un gran vantaggio il possedere ad un tempo tutti questi doni, e che ogni storia, nella quale si riscontri una sola di queste rare qualità, è un'opera di merito, che sarà grandemente apprezzata dalle future generazioni. E aggiungerò che la storia si può scrivere non in un modo solo, ma in moltissimi: che si può scriverla come Tucidide, Senofonte, Polibio, Tito Livio, Sallustio, Cesare, Tacito, Commynes, Guicciardini, Machiavelli, Saint-Simon, Federico il grande, Napoleone, e che in ciascuno di questi modi essa è scritta con eccellenza, sebbene molto diversamente. Ciascuno di questi scrittori ha la sua dote peculiare e saliente: chi narra con un'abbondanza e vivacità che trascina; chi racconta in modo sconnesso e procede a sbalzi, ma, per incidenza, delinea in pochi tratti delle figure che non si cancellano più dalla memoria degli uomini; un altro finalmente, meno abbondante o meno abile nel dipingere, ma più calmo e più riservato, penetra con uno sguardo, a cui nulla sfugge, nelle profondità degli avvenimenti umani e li rischiara di una luce eterna. Tutti questi, comunque abbiano proceduto, son riusciti a far bene. E ciò non di meno, non vi è una qualità essenziale, preferibile a tutte le altre, di cui lo storico deve essere fornito, e che costituisce la sua vera superiorità? Io credo che sì, e soggiungo tosto che, a mio avviso, questa dote è l'intelligenza.

« In un fanciullo, in un operaio, in un uomo di Stato si nota spesso qualche cosa, che non si può qualificare come spirito, perchè vi manca l'elemento brillante, ma a cui si dà il nome d'intelligenza, perchè colui che la possiede afferra immediatamente il senso di ciò che gli si comunica, capisce, come si suol dire, le cose per aria: se è un fanciullo, comprende ciò che gli viene insegnato, se è un operaio, il lavoro che gli viene affidato, se è un uomo di Stato, gli avvenimenti, le loro cause, le loro conseguenze; indovina i caratteri degli uomini, le loro tendenze, la condotta che seguiranno; di nulla si meraviglia, per nulla si confonde, sebbene spesso provi dispiacere di tutto. Ecco in che cosa consiste l'intelligenza, e ben presto, in pratica, questa dote così semplice, che non va in cerca dell'effetto, riesce nella vita più utile di tutti gli altri doni della mente, eccettuato il genio, perchè il genio non è in sostanza che l'intelligenza stessa, ma splendida, energica, estesa e prontissima.

« Questa dote, applicata ai grandi soggetti della storia, costituisce, a parer mio, la qualità essenziale del narratore. Questa dote, allorquando esiste in uno storico, trae ben presto con sè tutte le altre, se al dono della natura si unisce l'esperienza che nasce dalla pratica. Infatti, coll'aiuto dell'intelligenza si arriva ben presto a discernere il vero dal falso, non si corre pericolo di essere ingannato dalle vane tradizioni o dalle false dicerie della storia, si acquista la critica, si afferra bene il carattere degli uomini e dei tempi, non si esagera nulla, non si dà a nulla troppa o troppo poca importanza, si attribuisce a ciascun personaggio la sua vera fisionomia..., si entra nei segreti moventi delle cose, si capisce e si fa capire in qual modo esse sieno avvenute; si rendono accessibili a quasi tutte le menti cose tra di loro disparatissime, come sarebbero la diplomazia, l'amministrazione, la guerra, la marina, perchè si è riusciti ad afferrarne le generalità, che sono intelligibili da tutti; e quando si è così giunti a raccogliere i moltissimi elementi, di cui deve constare un grande racconto, l'ordine, nel quale convien presentarli, lo si trova nella concatenazione stessa degli avvenimenti: poichè colui che ha saputo trovare il misterioso legame, da cui sono congiunti, il modo, in cui si

sono svolti gli uni dagli altri, ha scoperto il più bell'ordine possibile per raccontarli, perchè è l'ordine più naturale. E se oltre a ciò egli non rimane insensibile davanti alle grandi scene della vita umana, egli sa fondere vigorosamente tutti questi elementi in un sol getto, e li fa succedere l'uno all'altro con agevole vivacità; lascia alla corrente del tempo la sua scorrevolezza, la sua forza, e, dirò pure, la sua grazia, non forzando nessuno de' suoi movimenti, non alterandone le armoniche ondulazioni; finalmente, condizione ultima e suprema, egli si mantiene imparziale, poichè non vi è nulla che calmi e faccia tacere le passioni quanto la profonda conoscenza degli uomini (1). Io non dirò già che essa gli tolga ogni severità, perchè questo sarebbe un male, ma quando si conoscono gli uomini e le loro debolezze, quando si sa da che cosa sono dominati e trascinati, sebbene non si abbia il male in minor avversione e non si ami meno il bene, si è più indulgenti per chi si è indotto a fare il male cedendo alle mille tentazioni della nostra natura, e nello stesso tempo non si venera meno colui, che, resistendo ad ogni basso allettamento, non si è mai discostato da ciò che è buono, bello e grande (2).

Sopra la filosofia della storia.

112. « Io sono tra coloro che dubitano che l'uomo riesca ad abbracciare con vastità e certezza di vedute le cause e le origini della sua storia passata. Egli deve durar tanta fatica per comprendere — e molto imperfettamente — la storia contemporanea, e per non cadere in qualche errore ad ogni

(1) « Per me vorrei che lo storico, invece di adoperarsi a soffocare nell'animo suo ogni passione, come richiede il Thiers, spingesse, al contrario, sino alla passione l'amore della giustizia e dell'umanità. La storia, fatta in questo modo, non sarebbe certamente imparziale nel senso che non cercherebbe di mantenere un saggio e prudente equilibrio tra il bene e il male; ma, in questo senso, la storia non dev'essere imparziale, come dice non so dove il Michelet: essa deve essere all'opposto parziale, e francamente ed energicamente parziale per il diritto e per la verità ». Barni, *Napoleone e il suo storico Adolfo Thiers*, cap. I.

(2) Adolfo Thiers, *Storia del consolato e dell'impero*, prefazione al volume XII.

passo! Sant'Agostino ha fatto, a questo proposito, un paragone molto ingegnoso. Supponiamo, dice egli, che, nel poema dell'*Iliade*, una sillaba venga momentaneamente dotata d'anima e di vita: questa sillaba, dal posto che occupa, potrebbe forse comprendere il senso e il disegno generale del poema? Tutt'al più potrebbe capire il senso del verso, al quale appartiene, e quello dei tre o quattro versi precedenti. Questa sillaba, momentaneamente animata, simboleggia l'uomo: e v'ha chi sostiene che l'uomo può benissimo abbracciare il complesso degli avvenimenti, che ebbero luogo sulla terra, la maggior parte dei quali sono scomparsi senza lasciare di sè nè monumento nè traccia alcuna, mentre gli altri ci son ricordati da documenti tanto incompleti e manchevoli!

« Questa obiezione non è rivolta solamente al Guizot (1), ma a tutta la scuola dottrinaria, di cui egli è stato l'organo e l'ispiratore più attivo e influente. Essa è rivolta a molte altre scuole, che si credono diverse dalla sua, e che pure urtarono contro lo stesso scoglio. E questo pericolo di fare, dirò così, naufragio, minaccia specialmente coloro che dalla storia vogliono passare alla politica. La storia, lo si noti bene, veduta così in lontananza, va soggetta ad una singolare metamorfosi, e produce un'illusione, che è la peggiore di tutte: il suo andamento ci sembra guidato dalla ragione. In questo assetto più o meno filosofico, che noi le attribuiamo, i traviamenti, le pazzie, le ambizioni personali, i mille accidenti strani che la compongono, e dei quali essa risulta, come sanno coloro che hanno studiati i loro tempi, tutto scompare, tutto si trascura e si considera ben poco meritevole d'esser tenuto a calcolo. Con questo, l'insieme della storia acquista una sembianza di ragionevolezza, che illude. Il fatto diventa un modo di vedere della mente, e non si giudica più che dall'alto, mettendosi insensibilmente al posto della Provvidenza. Ad ogni accidente particolare si attribuiscono dei legami inevitabili, e vi si ravvisano delle così dette *necessità*. Che se dalle teorie si passa poi alla pratica, molto facilmente si dimentica, trattando del presente, che

(1) Questo brano del Sainte-Beuve è tratto da un articolo sul Guizot.

bisogna ad ogni momento fare i conti colle passioni, colle stoltezze e colle inconseguenze umane. Si pretendono al presente, e, per così dire, in giornata, dei risultamenti chiari e precisi, come s'imaginano essere stati quelli del passato; si vuole, insomma, forzar la mano all'esperienza. In questo tempo di sofisti, nel quale viviamo, gli è in nome della filosofia della storia (1) che ciascuna scuola (poichè ciascuna scuola ne ha una propria) reclama imperiosamente quella riforma, che, a suo credere, non è altro ormai che una conclusione rigorosa e legittima. E bisogna vedere come, in nome di questa pretesa esperienza storica, che si riduce in sostanza a pura logica, ciascuno si arroga pretenziosamente il presente, e rivendica l'avvenire come cosa sua!

« Il signor Guizot conosce questi inconvenienti meglio di noi e, al bisogno, li combatterebbe con l'alta sua competenza. Ma è certo che per conto suo egli non ha saputo evitarli, e che mediante la sua autorità egli ha dato credito a siffatte dottrine. La sua filosofia della storia è certamente speciosa e abilmente costrutta, ma è troppo logica per esser vera. Io non vi posso scorgere che un metodo artificiale e comodo per regolare i conti del passato. Vi si sopprimono tutte le forze che son rimaste senza effetti, e che tuttavia avrebbero potuto averne..... Tutte le cause perdute, che non ebbero alcun rappresentante o che sono state definitivamente vinte, vi son dichiarate impossibili, nate morte, e *ab aeterno* destinate ad aver la peggio. E spesso, quanto poco è mancato che non avessero invece il sopravvento! I fatti più antichi son quelli che meglio si prestano a questo genere di storia sistematica. Essi non vivono più, e ci son pervenuti in disordine e mutilati: è quindi facile raffazzonarli e disciplinarli a piacer nostro, quando una mano abile si accinge a ordinarli e a ricostruirli. Ma la storia moderna oppone una maggior resistenza. La generalizzazione, che pare profondità quando si tratta di secoli già lontani, sembrerebbe leggerezza e temerità in tempi a noi vicini. Ma intendiamoci bene: io ammiro quella vigoria di una mente vasta ed

(1) Detta anche scienza sociale o sociologia [92].

ingegnosa, che ricostruisce e ristaura il passato, per quanto ciò è possibile, che al passato sa dare un senso, se anche non del tutto vero, per lo meno plausibile e verisimile, che rimedia al disordine nella storia e procura allo studioso dei punti, ai quali appoggiarsi e delle norme, secondo le quali orientarsi. Ma il pericolo, che io voglio segnalare, si è l'abitudine di voler concludere da un passato così rifatto e ricostrutto, da un passato artificialmente semplificato ad un presente mobile, svariato e mutevole. Per parte mia, dopo d'aver letta qualcuna delle elevate lezioni sulla *Storia della Civilizzazione* (1), lezioni scritte in tono così assoluto e reciso, corro a riaprire un volume delle *Memorie* del Cardinale de Retz per rientrare nel vero dell'intrigo e della commedia umana.

« .... Nella sua *Filosofia della storia*, il Bossuet ha l'abitudine di introdurre la Provvidenza; o, per dir meglio, non ve l'introduce, ma la Provvidenza vi domina continuamente da sovrana. Io ammiro questa ispirazione religiosa del gran vescovo; ma in pratica essa lo ha condotto al diritto divino e alla politica ecclesiastica. Presso gli storici moderni, che si sono innalzati a considerazioni generali e di puro ragionamento, la Provvidenza interviene solamente tratto tratto e, se così posso dire, nelle grandi occasioni. Più questo intervento è, presso di loro, discreto e raro, e più dimostra un vero rispetto. Poichè, quando se ne abusa, esso può, al contrario, sembrare un espediente rettorico e un effetto oratorio molto più che un'elevazione intima e al tutto sincera. Non diremo che questo sia il caso del Guizot, che ha ereditato dalla sua famiglia il sentimento religioso, la nobiltà del sentire, e una specie di gesto abituale, con cui si rivolge alla Provvidenza. Ciò non ostante, per un uomo che rispetta e venera la Provvidenza, come egli fa, egli si serve troppo spesso e troppo famigliarmente di questo misterioso intervento.... Ad ogni crisi decisiva, l'autore non s'accontenta di spiegarla, ma dichiara che essa non avrebbe potuto accadere diversamente. È suo costume di dire: « Era troppo presto;.... era troppo tardi..... Iddio incominciava sola-

(1) Libro del Guizot, su cui è stato scritto questo articolo.

mente allora ad esercitare la sua giustizia e a infliggere le sue lezioni. » — Ma che cosa può egli saperne?

« Nella storia dobbiamo rimanere uomini. Il Montaigne (1), che preferiva la lettura della storia a qualunque altra, ci ha date le ragioni della sua predilezione, e sono precisamente le nostre. A lui non piacevano, come ci dice egli stesso, che gli storici affatto semplici e ingenui, che raccontano i fatti senza farne prima la scelta, ma *come vien viene;* oppure, tra gli altri più dotti, e ricercati, non gli piacevano che i migliori, quelli che sanno scegliere e dire ciò che merita d'esser saputo. « Ma quelli che *stanno tra i due* sono tanti guastamestieri; essi vogliono masticarci i bocconi, si fanno un obbligo di sentenziare, e per conseguenza di torcere la storia a lor piacere, poichè, appena il giudizio pende da una parte, non si può fare a meno di dare alla narrazione una piega ed una fisionomia in questo senso medesimo. » — Ecco lo scoglio; ed un ingegno anche di primo ordine non basta ad evitarlo. Eppure un'esperienza consumatissima dovrebbe bastare, io penso, a farcelo schivare. Gli uomini superiori, che sono stati in mezzo agli affari, e che se ne sono ritirati, hanno ancora un gran compito davanti a sè, ma a patto che questo compito sia tutto diverso dal primo, anzi che non sia più un compito. Essi, che sono stati iniziati alla vanità dei buoni propositi, all'illusione delle menti migliori, e alla corruzione umana, ce ne facciano talvolta sapere qualche cosa, e non isdegnino di farci toccare con mano le piccole molle, che spesso hanno agito nei grandi momenti. Che non trattino sempre l'umanità da pedanti. La lezione, che si cava dalla storia, non deve essere diretta e rude; essa non deve esser tirata a bruciapelo, per così dire, ma esalare dolcemente e insinuarsi nell'animo nostro. Questo insegnamento deve essere saporoso, come dicevamo poco fa a proposito del Commynes; deve essere un insegnamento al tutto morale. Non temete di far vedere, nei vostri grandi quadri, tutte le piccole

(1) (1535-1590) Autore dei famosi *Saggi*, libro troppo poco noto ed apprezzato in Italia, quantunque P. Contini ce ne abbia dato una buona versione.

e le grandi miserie umane; i grandi e solenni insegnamenti verranno da sè stessi. La nullità dell'uomo, la piccolezza della sua ragione, anche della più elevata, l'inanità di quello che era sembrato saggezza, tutta la fatica, lo studio, l'ingegno, il merito, la meditazione che si richiede per architettare anche un errore, conducono ad un pensiero più serio, al pensiero d'una forza suprema; ma in questo caso, invece di parlare in nome di questa forza che sfugge alla nostra penetrazione, inchiniamoci a lei, e la storia produrrà tutto il suo benefico effetto. » (1).

113. « Noi dovremmo diffidare della storia. Troppo spesso lo scrittore, in luogo di raccontare sinceramente ciò che gli sta davanti agli occhi, ci presenta un prodotto della sua imaginazione, e sostituisce le idee ai fatti, o snatura i fatti con lo stabilire dei rapporti forzati tra loro ed altri fatti al tutto estranei. Si può provare che durante settecento anni tutti gli Inglesi si sono occupati di metter d'accordo il re, i pari e i comuni, per riposare appresso, e star a godere lo spettacolo; si può provare che questa idea l'avevan presa dai Romani, di cui volevano avere le istituzioni, per ottenere finalmente i consoli nel re, il senato nella camera alta e i comizii in piccolo nella camera bassa; si può provare che essi pigliavano per modelli i barbari della Germania; tutto si può trovare coi fatti, adoperandovi dei sistemi e delle allusioni; spesso la storia non è che una continua menzogna e, disgraziatamente, gli scrittori, mentre la torcono a lor modo e ne fanno una veste pei loro pensieri, la presentano ai popoli e all'umanità come la vera regola delle azioni, la maestra che insegna a vivere, *magistra vitae;* ma essi sanno benissimo che dietro alla storia si nasconde la loro persona, e che, vantando la storia, non vantano in realtà che sè stessi. » (2)

---

(1) Sainte Beuve (1804-1869), *Conversazioni del lunedì*, vol. I.

(2) Agostino Thierry, *Dieci anni di studi storici* (Rivoluzioni d'Inghilterra).

CAPITOLO VI.

LE IPOTESI GENERALI.

Loro valore. — L'unità delle forze fisiche: il suono, il calore, la luce, l'elettricità. — L'unità della materia; i corpi semplici e la loro trasformazione. — L'analogia; teoria delle società animali; reversibilità dei fenomeni. — Ipotesi speciali al sistema solare o al nostro pianeta: la nebulosa, il fuoco centrale, il trasformismo, l'evoluzione.

114. Non bisogna farsi illusione su quelle che si possono chiamare le conclusioni delle scienze. La maggior parte sono ipotetiche. Le leggi particolari, che governano questo o quel singolo fenomeno, sono abbastanza ben conosciute, in un certo numero di casi; ma le idee generali sul complesso del mondo sono molto dubbie per chi possiede lo spirito scientifico, vale a dire una mente precisa e poco disposta ad accettare come fatti le costruzioni più o meno seducenti della propria imaginazione. Inoltre qui noi parliamo unicamente del mondo sensibile e fenomenale, che è il solo, di cui la scienza si occupi; parliamo del mondo, che noi vediamo coi nostri occhi e tocchiamo con le nostre mani, o che potremmo, al bisogno, percepire in questo modo. Se invece si trattasse di conoscere la causa e l'essenza delle cose, la difficoltà sarebbe ben maggiore: la metafisica, che si propone questi problemi, subisce tutte le esitazioni delle scienze, e vi aggiunge tutti gli ostacoli a lei proprii, che essa deve superare per suo conto. Vale a dire che, a meno di esser guidato da straordinaria intuizione, si va a rischio di non trovarvi delle soluzioni molto soddisfacenti.

Ma torniamo alla scienza fenomenale e alle sue ipotesi più elevate, nelle quali molti uomini d'ingegno vogliono ravvisare un surrogato alla metafisica. Certamente non è cosa facile il rassegnarsi a non conoscer mai il segreto dell'esistenza delle cose; ma, in mancanza di questa perfetta scienza, che riassumerebbe tutte le altre, la mente può essere abbastanza soddisfatta nella contemplazione dell'ordine del mondo, dei principii generali che lo governano, dell'unità e identità che appaiono attraverso a tutti i suoi cambiamenti, e che formano l'eterno motivo, su cui i particolari fenomeni ricamano le variazioni. Le ipotesi alquanto vaste, che si possono fare sul complesso delle scienze, presentano tanto interesse, che anche le menti più incolte ne hanno qualche nozione, quantunque le loro idee sieno quasi sempre incomplete, spesso false e qualche volta puerili. Ma dal momento che queste ipotesi esistono, e che non è nè possibile nè desiderabile di farne a meno, v'ha in ciò una ragione di più per tentare di sempre vie meglio perfezionarle.

L'unità delle forze fisiche.

115. La più generale e la più utile di tutte le grandi ipotesi scientifiche è quella che si chiama l'*unità delle forze fisiche*. Questa ipotesi si è formata poco a poco per lente accumulazioni di idee particolari e di successive correzioni. Essa ha dato origine a parecchie ipotesi subordinate di un gran valore, la storia delle quali è degna di nota dal punto di vista del metodo scientifico.

Le sensazioni, che l'uomo prova, sono di natura assai diversa. Pertanto esse ci conducono a figurarci,

nel mondo da cui siamo circondati, una quantità di fenomeni, di forze e di azioni affatto eterogenee le une dalle altre: la luce, il calore, la secchezza, l'umidità, il peso, il suono, il sapore, e un'infinità d'altre qualità troppo numerose per poterle passar tutte in rassegna. Gli antichi Greci ammettevano senz'altro che ciascuna derivasse da un principio a lei speciale e irriducibile: la forma più recisa di questo sistema è la teoria delle *omeomerie* d'Anassagora, il quale supponeva che le specie degli atomi fossero infinite, e che le loro combinazioni formassero il mondo: atomi di legno, di fuoco, di carne, di luce, capaci di combinarsi in qualunque proporzione e di separarsi, in certi casi, gli uni dagli altri: per esempio quelli del fuoco da quelli del legno nella combustione d'un ceppo.

Ma questa molteplicità eterogenea di principii non è una spiegazione, anzi è tutto il contrario. Viceversa altri filosofi, fin dai primi tempi in cui si abbia notizia di una storia delle scienze, tentarono di ricondurre le une alle altre tutte le energie che dànno luogo ai fenomeni dell'universo. Uno dei fenomeni che maggiormente li colpiva da questo punto di vista era il suono: le osservazioni più semplici dimostrano che il suono è sempre accompagnato da un movimento. Pitagora per il primo tentò di far vedere che la conoscenza di questo movimento poteva bastare per definirlo e quindi per rappresentarlo. La scoperta dei rapporti tra la lunghezza d'una stessa corda vibrante e i suoni da lei emessi è attribuita a Pitagora per unanime tradizione dell'antichità; e gli è per questo che sopra il suo sepolcro era stato inciso un monocordo, il quale simboleggiava la sua grande scoperta, e più ancora il grande concetto della scuola

Pitagorica: che ogni parvenza deve, per poter entrare in un sistema di spiegazione scientifica, poter essere rappresentata da numeri; o, in altri termini, che ogni qualità può, in un certo modo, esser concepita come una quantità.

Ma, non ostante l'ampiezza di questa bella ipotesi, l'antichità progredì ben poco su questa via: infatti, con Socrate e Platone essa si occupò specialmente di scienze morali, dove siffatta riduzione è impossibile, e di scienze matematiche, dove essa non è necessaria, perchè queste scienze non trattano appunto che di grandezze e di quantità (1). È vero che gli Epicurei ripeterono, seguendo Democrito, del quale però svisarono le dottrine, che, nell'universo, tutto accade fisicamente; ma, non ostante alcune idee ingegnose sepolte, in Lucrezio, sotto un ammasso di ipotesi assurde, e di metafisica materialista, non si può dire che da questo loro principio abbiano cavato qualche cosa di utile per il progresso delle cognizioni umane.

116. Il medio evo ha una predilezione per le qualità occulte; le spiegazioni scolastiche consistono nell'invocare la *vis dormitiva* per ispiegare come avvenga che l'oppio fa dormire, e la *vis luminosa* per dar la ragione della luce che emana dal sole. Bacone segna il ritorno ad un metodo migliore. Egli dice: tutta la scienza consiste nello scoprire la struttura occulta *(schematismus latens)* che spieghi le proprietà percettibili dei corpi, o il processo occulto

(1) Non bisogna tuttavia dimenticare che Platone ammise sempre in principio l'opinione pitagorica, come lo prova la notissima formola: Ἀεὶ ὁ Θεὸς γεωμετρεῖ.

(processus latens) che produce un fenomeno preso nel suo complesso (1).

Egli ne dà subito un esempio, molto notevole per il tempo suo: l'analisi del calore. Mediante il confronto dei casi, in cui il calore si manifesta, dei caratteri che vi si presentano e delle circostanze che lo accompagnano, egli giunge a concludere che il calore è un movimento, ma di ampiezza così piccola, che noi, come movimento, non lo possiamo percepire: *Calor est motus expansivus, cohibitus et nitens per partes minores* (2). Certamente questa definizione è ancora molto vaga, e, malgrado le dilucidazioni aggiuntevi da Bacone, non basta a far capire interamente come il calore possa essere rappresentato meccanicamente; tuttavia l'idea essenziale vi si trova, e la moderna termo-dinamica non ha fatto che precisarla e confermarla.

« I fisici non son d'accordo sulla natura del calore. Molti di loro lo riguardano come un fluido sparso in tutta la natura (3), e da cui i corpi vengono più o meno penetrati, in ragione della loro temperatura e della loro particolare disposizione a conservarlo; esso può combinarsi coi corpi, e in questo stato cessa di agire sul termometro e di propagarsi da un corpo all'altro; solamente quando si trova allo stato libero, il quale gli permette di mettersi in equilibrio nei corpi, esso costituisce ciò che noi chiamiamo *calorico libero*.

« Altri fisici ritengono che il calore altro non sia se non il risultato di movimenti impercettibili delle molecole, di cui è composta la materia. È noto che i corpi, anche i più densi, sono pieni di un gran numero di pori e di piccoli vuoti,

(1) *Novum Organum*, lib. II, § 1.

(2) Bacone, *De forma calidi*. — Cfr. *Novum Organum*, II. 20.

(3) I chimici anteriori al Lavoisier lo chiamavano fuoco elementare o *flogistico*.

il cui volume può sorpassare di molto quello della materia che costituisce il corpo; questi spazii vuoti lasciano alle particelle la libertà di oscillare in tutti i sensi, ed è naturale il pensare che queste parti sono in continua agitazione, la quale, se cresce fino ad un certo punto, può separarle, e scomporre il corpo; gli è questo movimento, che, secondo i fisici, di cui parliamo, costituisce il calore.

« Ad illustrare questa ipotesi, faremo osservare che, in tutti i movimenti, nei quali non vi sono cambiamenti repentini, esiste una legge generale, che i geometri hanno indicata col nome di *principio della conservazione delle forze vive.* Questa legge consiste in ciò, che in un sistema di corpi, che agiscono gli uni sugli altri in un modo qualunque, la forza viva, vale a dire la somma dei prodotti di ciascuna massa coi quadrati della sua velocità, è costante. Se i corpi sono animati da forze acceleratrici, la forza viva è uguale a quanto essa era al principio del movimento più la somma delle masse moltiplicate per i quadrati delle velocità dovute all'azione delle forze acceleratrici. Nell'ipotesi, che noi esaminiamo, il calore è la forza viva che risulta dai movimenti impercettibili delle molecole di un corpo; essa è la somma dei prodotti della massa di ogni molecola pel quadrato della sua velocità (1).

Le belle scoperte del Carnot (2) e del Rumford (3),

(1) Lavoisier e Laplace, *Memoria sul calore,* presentata all'Accademia nel 1780.

Lavoisier (1745-1794), ex esattore generale, ispettore delle polveri, ghigliottinato sotto il Terrore per le cariche che aveva occupate, universalmente considerato come il fondatore della chimica moderna.

Il marchese De Laplace (1749-1827), illustre astronomo, membro dell'Accademia delle scienze e dell'Accademia francese, autore della *Meccanica celeste* e dell'*Esposizione del sistema del mondo,* dove si contiene l'ipotesi che porta il suo nome. Cfr. più innanzi § 136.

(2) Sadi Carnot (1796-1832), politecnico e ingegnere, figlio del famoso membro della Convenzione, autore delle *Considerazioni sulla potenza motrice del fuoco* (1824).

(3) Beniamino Thomson, conte di Rumford (1753-1814), nato in America (New-Hampshire) da famiglia inglese, ufficiale e fisico, membro della Società Reale di Londra; dipoi al servizio del Principe Massimiliano di Baviera, il che gli diè modo di fare moltissimi esperimenti nella fonderia dei cannoni a Monaco. Nel 1805 sposò la vedova di Lavoisier.

la misura dell'equivalente meccanico del calore eseguita dal Joule (1) hanno sempre più confermate queste idee nella loro parte essenziale. Per tutti i fisici moderni il calore è indubbiamente una pura forma sensibile, che può ridursi a dei fenomeni meccanici, di cui noi non abbiamo la percezione diretta; e sebbene finora noi non possiam dire se il movimento, di cui si tratta, sia una vibrazione, una rotazione, una traslazione o altro di simile, la scoperta della quantità d'energia che gli è propria e delle leggi matematiche che la governano, basta a fornirci un'idea, che s'accorda con quella che Bacone ne aveva.

117. Più ancora che l'autore del *Novum Organum*, Cartesio formulò affermativamente l'ipotesi dell'unità delle forze fisiche: non vi è fenomeno che non possa essere rappresentato in modo adeguato mediante un movimento o un complesso di movimenti. Per di più egli considera metafisicamente l'estensione e la mobilità come l'essenza stessa della materia fisica [124]. Da ciò è venuta la formula cartesiana spesso citata e bellissima, non intendendola che nel senso fenomenale: « Datemi l'estensione e il moto, e vi farò il mondo ». (2)

Cartesio tentò di applicare ad un oggetto particolare questa teoria della riducibilità di tutti i fenomeni fisici ad altrettanti problemi di meccanica. Una felice ispirazione fece sì che egli scegliesse la luce. Cartesio non giunse però a scoprirne la vera espressione geometrica; egli credeva che la luce consi-

---

(1) Giacomo Joule, fisico inglese, nato a Salford (Manchester) nel 1818, morto nel 1889.

(2) Cartesio, *Trattato del mondo*, cap. VI.

stesse in una pressione d'etere (o di *materia sottile*, per seguire la sua terminologia), che si trasmettesse istantaneamente in tutte le direzioni, partendo dal punto, in cui si produceva. Ma questo concetto, sebbene in parte erroneo, non fu per la scienza privo di utilità: poichè in primo luogo lo condusse a esperimenti, che portarono alla scoperta delle leggi della rifrazione, leggi che ancora adesso vanno sotto il suo nome; e, d'altra parte, affermando che la luce poteva ridursi ad un movimento, Cartesio diede origine a due nuove e grandi ipotesi: quella dell'emissione e quella dell'ondulazione, la cui discussione ha occupato tutto il secolo XVIII e il principio del XIX.

118. « Secondo l'opinione del Newton (1) e di coloro che seguono i suoi principii, la luce è un'emanazione del corpo luminoso; il sole lancia continuamente intorno a sè dei raggi della sua propria sostanza, che si estendono fino agli ultimi limiti della sfera del mondo, e questi raggi sono composti di parti, che si succedono e si rinnovano perpetuamente nel medesimo luogo con tutta la velocità, con cui noi vediamo effettuarsi la propagazione della luce; similmente ogni stella fissa ne manda in tutte le direzioni imaginabili, e, per conseguenza necessaria di questa ipotesi, la fiaccola, che si accende nottetempo in mezzo ad una grande pianura, non vi diventa visibile se non riempiendo ad ogni momento de' suoi prodotti luminosi uno spazio emisferico, che può avere più di due leghe di diametro. Così, secondo questo sistema, la luce, o ciò che rende a noi visibili gli oggetti, è ora una sostanza celeste, che viene dagli astri, ora una materia terrestre sviluppata dalla combustione; ma, qualunque sia la sua sorgente, essa procede con una velocità incomparabile, e le sue parti si dividono, si rarefanno,

(1) « Questa è pur l'opinione del Gassendi e di alcuni altri filosofi moderni, che precedettero il Newton e seguirono in ciò le idee di Democrito e di Epicuro ». (Nota dell'abate Nollet.)

si estendono al segno da formare dei volumi, che hanno del prodigioso, se si pensa al piccolo spazio, in cui erano prima contenuti, e al brevissimo tempo che loro occorre per assumere una sì enorme estensione. » (1)

Questa teoria dell'emissione, proposta dal Newton nella sua *Ottica* (2), fu accettata da molti fisici, dei quali il Biot è uno dei più conosciuti e dei più recenti. Ma fin dal suo apparire questa ipotesi incontrò nello Huygens un formidabile avversario, le teorie del quale finirono per prevalere. Riprendendo, con qualche modificazione, le idee cartesiane, egli suppone che la luce consista in una *ondulazione*, vale a dire in un movimento vibratorio dell'etere propagantesi con estrema rapidità, ma senza alcun trasporto di materia, nella direzione, per la quale ha luogo la radiazione. Il *Trattato della luce*, scritto verso il 1678, ma pubblicato soltanto nel 1690, contiene l'esposizione e la difesa di questa teoria.

« Non è da mettere in dubbio che la luce consista nel movimento di una qualche materia. Poichè, se prendiamo a considerare la sua produzione, vediamo che qui sulla terra la luce è generata principalmente dal fuoco e dalla fiamma, i quali contengono certamente dei corpi animati da moto rapidissimo, poichè dissolvono e fondono molti dei più solidi corpi; se invece guardiamo a' suoi effetti, vediamo che, quando la luce è concentrata, per esempio mediante specchi concavi, essa ha il potere d'infiammare come il fuoco, vale a dire di disgregare le parti dei corpi, il che è indizio certissimo di movimento, al-

(1) L'abate NOLLET, fisico francese (1700-1770), vol. V, lezione decimaquinta.

(2) ISACCO NEWTON (1642-1727), conosciuto specialmente per la sua geniale ipotesi sulla gravitazione universale, per le sue scoperte sulla luce, e per il suo metodo delle *flussioni* [55]. Le opere sue più importanti sono i *Principia philosophiae naturalis* e l'*Ottica*.

meno per la vera filosofia, nella quale le cause di tutti gli effetti naturali sono concepite come altrettanti movimenti meccanici. Concetto, a parer mio, necessario, senza il quale non si può sperare di comprendere mai nulla della fisica.

« Inoltre, allorchè si considera l'enorme velocità, con la quale la luce si diffonde in ogni direzione, e se si pone mente che, quando la luce proviene da luoghi diversi e persino opposti, le due o più luci si attraversano senza intercettarsi, si capisce benissimo che, quando noi vediamo un oggetto luminoso, ciò non può accadere per un trasporto di materia, che da questo oggetto giunga sino a noi, come una palla o una freccia che attraversi l'aria: poichè ciò ripugna troppo alle dette due proprietà della luce, e sopratutto all'ultima. La luce si propaga dunque in altro modo, e per poter comprendere qual sia questo modo, noi possiamo giovarci di quel che sappiamo circa la propagazione del suono nell'aria.

« Noi sappiamo che, per mezzo dell'aria, la quale è un corpo invisibile e impalpabile, il suono si diffonde d'ogni intorno al luogo dove è stato prodotto, mediante un movimento che passa successivamente da una parte dell'aria ad un'altra, e che, siccome l'estensione di questo movimento ha luogo con uguale velocità in tutti i sensi, bisogna che si formino delle specie di superficie sferiche concentriche, che, allargandosi sempre, vengono a colpire il nostro orecchio. Ora non vi è punto di dubbio che anche la luce non provenga dai corpi luminosi a noi mediante un qualche movimento impresso alla materia, che sta tra noi e i detti corpi, poichè noi abbiamo già veduto che ciò non può accadere mediante il trasporto di un corpo che passi da un punto all'altro. Che se, ritenuto questo, la luce impiega in questo passaggio un certo tempo, ne verrà per conseguenza che il moto impresso alla materia è successivo, e quindi si estende, come quello del suono, per via di superficie e di onde sferiche: poichè io dò loro il nome di onde per somiglianza con quelle che si vedono formarsi nell'acqua quando vi si getta un sasso, le quali rappresentano siffatta estensione successiva all'ingiro, ma solamente sopra una superficie piana. » (1)

(1) Cristiano Huygens (1629-1695), *Trattato della luce*, cap. I.

119. L'ipotesi del Newton e quella dello Huygens rimasero per molto tempo l'una a fronte dell'altra. Tanto l'una che l'altra spiegavano certi fenomeni, ma non bastavano a dar la ragione di certi altri.

Un esperimento di Tomaso Joung [86], l'esperimento delle *interferenze*, fece pendere la bilancia in favore dell'ipotesi delle ondulazioni. Due fasci luminosi, che si attraversano a vicenda in certe condizioni, produssero nella parte comune non già una luce più intensa, ma delle striscie oscure, che, con la teoria dell'emissione, restavano inesplicabili. Con quella delle ondulazioni, al contrario, si capiva benissimo, che le vibrazioni, che non coincidono tra di loro, dovevano reciprocamente elidersi; e le molteplici applicazioni, che lo Joung ricavò dal suo esperimento fondamentale, diedero gran vantaggio alla teoria ondulatoria.

Questo tuttavia non era peranco il trionfo definitivo. I fenomeni della doppia rifrazione e della luce polarizzata sfuggivano ancora al sistema di spiegazione inventato dallo Huygens. Uno dei più grandi fisici moderni, Agostino Fresnel, ebbe la gloria di riuscire a provare che le vibrazioni d'un ambiente etereo bastavano a dilucidare i detti fenomeni, ammettendo che queste vibrazioni, che per solito giacciono in un piano qualunque, possano, nel caso particolare della luce polarizzata, effettuarsi tutte quante normalmente al così detto piano di polarizzazione. La memoria presentata su questo argomento dal Fresnel all'Accademia delle scienze (1), fu premiata all'unanimità, e si può dire che, da quel momento in poi, il problema sulla natura meccanica della luce è stato risoluto.

(1) Concorso del 1818.

« Tutto quanto di veramente solido e di universalmente accettato è stato aggiunto all'opera del Fresnel, si riduce ad un maggiore sviluppo delle sue idee e ad un perfezionamento de' suoi metodi di calcolo. In ogni caso l'accordo tra l'esperienza e la teoria si è conservato; e si può dire senza esagerare che la teoria delle ondulazioni predice i fenomeni della diffrazione così esattamente come la teoria della gravitazione predice i movimenti dei corpi celesti » (1).

120. L'ipotesi dell'unità delle forze fisiche non solamente ha condotto a riferire la luce ad un movimento, come abbiamo testè veduto, ma ha dato origine a molte altre ipotesi analoghe.

In primo luogo si è pensato che il calorico raggiante poteva anch'esso esser considerato come una vibrazione, e quindi non differire dalla luce stessa se non dal punto di vista della sensazione. Il calorico raggiante si propaga, si riflette, si rifrange, si disperde, nell'attraversare un prisma, nell'identico modo e secondo le stesse leggi dei raggi luminosi. « Un raggio luminoso e un raggio calorifero semplici, presi nella medesima regione dello spettro, il rosso, per esempio, non possono venir separati nè con la rifrazione nè con nessun altro dei fenomeni conosciuti. Inoltre, il Masson e il Jamin hanno dimostrato che, se l'intensità del raggio luminoso diminuisce in una certa misura per una causa qualunque, a cagion d'esempio per la frapposizione di un vetro solo imperfettamente trasparente, il raggio calorifero resta diminuito nella stessa esatta misura, come lo fan vedere le deviazioni dell'ago del galvanometro.

(1) VERDET, *Introduzione alle opere del Fresnel.*

« L'identità di tutte le proprietà del calorico raggiante e della luce non può spiegarsi se non ammettendo che il calorico raggiante e la luce sono un solo e medesimo agente fisico (radiazione), il quale si manifesta a noi con effetti diversi secondo l'organo dei sensi che ne riceve l'impressione, o, con una espressione più generale, secondo le proprietà particolari dei corpi che ne son colpiti » (1).

121. Ma i movimenti dell'etere possono inoltre servire a spiegare un altro fenomeno, già sin d'ora importantissimo, e che lo diverrà sempre più col progredire della scienza: l'elettricità. L'abate Nollet, uomo di ragguardevole ingegno, scriveva nella sua *Fisica* già sin dalla metà del secolo XVIII:

« **Proposizioni fondamentali** tratte dall'esperimento, col sussidio delle quali si può render ragione di tutti i fenomeni elettrici sin qui conosciuti.

« 1.° L'elettricità è l'effetto d'una materia fluida, che si muove intorno al corpo elettrizzato o dentro di esso.

« 2.° Questo fluido non è nè la materia propria del corpo nè l'aria grossolana, che noi respiriamo.

« 3.° Tutto porta a credere che la materia elettrica *sia la stessa di quella del fuoco elementare e della luce* unita a qualche altra sostanza, che la rende odorosa (2).

« 4.° Questa materia è presente dappertutto, sia nell'interno del corpo, sia nell'aria, che lo circonda.

« 5.° La materia elettrica eccitata o messa in azione, si muove, per quanto le è possibile, in linea retta, e il suo moto ordinario è un moto progressivo, che ne *trasporta le parti* ».

Se si considera che la materia fluida definita dal-

(1) H. Pellat, *Corso di fisica*, lib. V, cap. VII.

(2) È noto infatti che l'odore speciale dell'elettricità proviene dall'ozono, che essa produce.

l'abate Nollet presenta appunto le proprietà essenziali di quello, che noi chiamiamo al presente l'etere luminoso, si potrà vedere in quest'etere il primo rappresentante d'una ipotesi ora ammessa da moltissimi scienziati, e che è stata specialmente confermata dal prof. Maxwell (1). Questa ipotesi consiste nel supporre che la materia sottile, detta etere, che penetra tutti i corpi e riempie persino gli spazii interplanetarii, è suscettibile di due movimenti: l'uno vibratorio, di cui abbiam già discorso, e che corrisponde alla luce ed al calorico raggiante, l'altro *progressivo*, come dice il Nollet, e che consiste in un flusso, e si manifesta mediante i fenomeni elettrici. Questa ipotesi chiarisce in modo assai elegante lo stretto rapporto che intercede tra i fenomeni della luce e quelli dell'elettricità; essa si accorda, in tutte le sue parti essenziali, coll'esperimento; essa è inoltre particolarmente corroborata dalla relazione che esiste tra l'unità elettrostatica e l'unità elettromagnetica d'elettricità. Essa presenta dunque in complesso tutti i caratteri d'un'ipotesi verosimile, ed è probabile che in avvenire venga confermata in modo ancor più completo.

122. Così il suono, il calore, la luce, l'elettricità, il calorico raggiante si riconducono più o meno direttamente ad un solo fenomeno fondamentale, cioè

---

(1) *Giornale di fisica*, 1873, vol. II, p 377. Articolo del Potier: « Uguaglianza delle costanti numeriche fondamentali dell'ottica e dell'elettricità ». La misurazione delle dette quantità è stata rifatta più volte dopo il 1873, massime dal Blondlot, da H. Pelletan e dall'Abraham in Francia, nonchè da molti scienziati d'altri paesi. I risultati ottenuti furono sempre più favorevoli all'ipotesi. — Anche Eulero, nelle sue *Lettere ad una principessa tedesca*, consacra sei capitoli all'esposizione delle prove, che, secondo lui, dimostrano l'identità del fluido luminoso col fluido elettrico.

al movimento. L'ipotesi dell'unità delle forze fisiche consiste nel supporre che il medesimo avvenga di tutti i fenomeni, qualunque essi siano. Per quanto le precedenti considerazioni rendano quest'ipotesi verosimile, non è però men certo che una grave difficoltà le sta contro: la gravitazione universale. Certamente noi possiamo, come fa Cartesio, supporre che le attrazioni, che si manifestano in tutti i corpi ponderabili, siano il risultato dei movimenti di un ambiente invisibile, nel quale sono immersi; il che ricondurrebbe questa legge generale all'ipotesi, di cui ci occupiamo. Ma, insomma, ciò non è stato punto dimostrato, e noi non possediamo nemmeno alcun elemento che ci permetta, almeno sino a prova contraria, di prescindere dalle azioni che si esercitano a distanza. Fors'anche, d'altra parte, potrebbe darsi che il meccanismo fosse impotente a rappresentare tutto il complesso delle cose, che noi percepiamo, come lo è senza dubbio a render conto delle qualità sensibili ed eterogenee delle cose; e forse, per la medesima ragione, noi siamo destinati ad arrivare in ultimo a dei dati, che dovremo accettare, ma che più non comprenderemo. Poichè, se per *sapere* le cose, basta conoscere come avvengono, le cose stesse non si possono *comprendere*, se non riconducendole alle leggi fondamentali della ragione, vale a dire a dei rapporti matematici.

Ma, comunque ciò sia, il campo resta aperto alle ipotesi; e malgrado il celebre detto di Newton, che d'altra parte co' suoi esempii ha gloriosamente smentito la propria teoria (1), bisogna provare tutte le

(1) « Io non sono ancor riuscito a dedurre dai fenomeni la ragione della gravitazione, e non metto avanti nessuna ipotesi *(hypotheses non fingo)*. Poichè tutto quello, che non si deduce dai fenomeni, è ipotesi, e le ipotesi, sieno metafisiche o fisiche o meccaniche o di qualità occulte, non devono essere ammesse nella filosofia sperimentale. (Newton, *Philosophiae naturalis principia mathematica*. Scolio generale.)

possibili soluzioni per poter eliminare quelle che discordano dall'esperimento e ritenere quelle che valgono a spiegarlo.

Unità della materia.

123. L'osservazione ci fa conoscere un gran numero di corpi naturali, che differiscono gli uni dagli altri nel peso, nel colore, nella resistenza, nelle proprietà fisiche e chimiche. Così l'aria, l'acqua, la pietra, i minerali, il legno, le sostanze animali e vegetali ci vengono forniti dalla natura sotto le note lor forme, e di qui nasce l'idea tutta empirica, e naturale per delle menti poco colte, che in natura esistano delle materie l'una dall'altra diverse, che compongono tutti i corpi. O si supponga infinito il numero di queste materie elementari, come opinava Anassagora, o lo si riduca a quattro — il fuoco, la terra, l'aria e l'acqua — secondo il sistema di Empedocle e della maggior parte dei fisici greci, l'ipotesi rimane la stessa: le materie sono multiple.

Tuttavia, siccome l'uomo è fornito di organi per maneggiare i corpi e di intelligenza per istudiarli, egli non tardò ad accorgersi che le materie fornite dalla natura cambiano facilmente di proprietà e possono anche trasformarsi l'una nell'altra. L'acqua riscaldata diventa aria, dicevano i primi filosofi, che indicavano con questo nome tutti i gas. Altre reazioni ancora più sorprendenti furono osservate: la trasformazione del legno in cenere, la combinazione della cenere e della sabbia, con la quale si ottiene il vetro, conosciuto in Egitto da tempo immemorabile. Queste trasmutazioni così frequenti e notevoli fecero sì che alcuni uomini più intelligenti degli altri supposero

che una materia sola prendeva successivamente tutte le forme, secondo lo stato, in cui si trovava. E non bisogna credere che questa idea sia apparsa tardi nella filosofia naturale; lo scienziato greco più antico, di cui si abbia notizia, Talete, sosteneva che l'acqua è l'elemento (στοιχεῖον), dal quale ogni cosa deriva per condensazione o per rarefazione. Anassimene diceva il medesimo dell'aria, Eraclito del fuoco; e questa idea aveva certamente un'origine ancor più remota, poichè ve ne sono delle traccie nel poco che conosciamo delle teorie egiziane.

Finalmente Democrito diede a questo concetto una forma precisa. La materia non possiede che due qualità: l'estensione e la resistenza; tutto il resto è illusione dei sensi. Essa è divisa in un numero infinito di piccoli frammenti indivisibili (ἄτομοι) di forme irregolari e svariate, che si muovono in un vuoto assoluto, e colle loro combinazioni dànno origine a tutti i corpi. Da ciò è derivata la grandissima stima che i filosofi del medio evo ebbero per Democrito, tanto che gli furono persino attribuiti dei trattati apocrifi di alchimia. Tuttavia, se ben la si considera, questa teoria non è un vero monismo, e l'unità della materia non vi esiste che verbalmente, come in ogni altra teoria che ammette degli atomi aventi forme determinate e diverse. Infatti queste forme sono, in virtù della loro immutabilità specifica, altrettanti tipi materiali distinti, i quali non si possono in alcun modo trasformare l'uno nell'altro. Se il fuoco, come sostiene Democrito, è fatto di atomi sferici, esso è assolutamente eterogeneo alla terra, che consta di atomi angolosi, e nessuna operazione potrà mai far sì che uno di questi corpi si cambi nell'altro. E siccome Democrito ammette espressamente da una parte che

il numero delle figure atomiche è infinito, dall'altra che gli atomi sono oggetti reali e non un semplice simbolismo geometrico (1), la sua teoria non è in sostanza molto lontana dal sistema d'Anassagora, che moltiplicava all'infinito il numero delle materie. Così l'unità dei corpi, appena intraveduta, ricadeva nella molteplicità, perchè la si imaginava in un modo al tutto sensibile, e ciò non ostante la si interpretava come una realtà metafisica.

124. Ma l'idea dell'unità della materia, più o meno rigorosamente intesa, rimase sempre l'ipotesi favorita dei fisici. Pitagora e Platone la insegnano, in un senso certamente più filosofico e rigoroso che non faccia Democrito; e su questo punto avremo occasione di ritornare. Anche gli Epicurei adottarono il sistema atomistico. Nei primi secoli dell'êra volgare incominciò a svilupparsi l'alchimia, in cui l'unità della materia forma l'ipotesi fondamentale, poichè l'alchimia si occupa essenzialmente di trasformare i corpi, facendovi apparire o scomparire le diverse *qualità*, per cui si distinguono l'uno dall'altro. Questa oscura e possente dottrina, i cui seguaci furono per molto tempo chiamati « i filosofi », come se avessero posseduto la scienza per eccellenza, durò lungo tempo, malgrado tutte le persecuzioni, ebbe sviluppo, e anche al presente non è del tutto spenta. Mediante l'alchimia l'idea del monismo chimico passò dal medio evo al Rinascimento. Bacone ammette questa idea, e sè la fabbricazione artificiale dell'oro gli sembra estremamente difficile, egli non esclude però la possibilità di attuarla « a forza di prove e di sagacia, qualora si

(1) Zeller, *La filosofia dei Greci*, vol. II.

conoscesse a fondo la natura del peso, del color giallo, della malleabilità, della duttilità, della fissità, della volatilità, e qualora si sapesse in che cosa consistono i semi primitivi dei metalli » (1).

« A mio parere, dice lo stesso Cartesio, il sale, lo zolfo e il mercurio dei chimici non differiscono tra di loro più dei quattro elementi dei filosofi, o più che l'acqua differisca dal ghiaccio, dalla schiuma e dalla neve: poichè io penso che tutti i corpi sono fatti d'una sola materia, e che tra loro non esista differenza alcuna, salvo che le particelle di questa materia, che compongono certi corpi, hanno altre figure o sono diversamente disposte di quelle che ne compongono certi altri » (2).

125. Ma dal Lavoisier in poi, tutto torna ad esser messo in dubbio. Fondandosi sulla legge dell'immutabilità della massa [149], che dà modo all'esperimentatore di accertarsi che egli nulla ha aggiunto e nulla ha lasciato perdere, si poterono eseguire delle analisi esatte, e definire rigorosamente le reazioni ottenute. Il risultato di questi esperimenti fu meraviglioso: essi rivelarono l'esistenza di circa *settanta* corpi assolutamente indecomponibili con tutti i mezzi, di cui ora disponiamo, ma coi quali ci è possibile, al contrario, ricostruire sinteticamente tutti gli altri composti. Alcuni corpi, da principio creduti semplici, per esempio la potassa, sono stati cancellati dall'elenco dopo attenta osservazione, e altri ne furono scoperti di nuovi. Ma, nel complesso, la questione rimase immutata: la materia unica non si potè trovare, e l'ultima parola dell'esperienza è stata una settantina di materie diverse e irreducibili.

Certamente la scienza non si fermerà in eterno a

(1) *De dignitate et augmentis*, lib. III, cap. V.
(2) Cartesio, *Lettere*, IX, 420, ediz. Cousin. — Cfr. sopra § 117.

questo limite; la detta cifra non ha alcuna ragione di essere, e non si fonda che sopra una prova negativa, cioè affatto provvisoria e instabile. « In realtà, dice uno scienziato contemporaneo, che è una vera competenza in materia, questo limite non è mai stato accettato dai chimici che come un fatto attuale, e i chimici hanno sempre nutrita fiducia di poterlo oltrepassare. » D'altra parte, nell'esperienza stessa vi sono valide ragioni, dalle quali si può argomentare l'esistenza di elementi più semplici e meno numerosi, e probabilmente d'una materia unica, da cui l'universo risulterebbe composto.

« Esistono certi elementi, che presentano delle analogie, e che nello stesso tempo posseggono l'identico peso atomico. Tali sono, per esempio, il cobalto e il nichel. Questi due metalli si somigliano nella più gran parte delle loro proprietà, e, in unione cogli altri elementi, producono due serie di composti paralleli. E qui intervengono nuove e più importanti analogie. Infatti questo parallelismo nelle reazioni di due corpi e in quelle dei loro composti non è nella scienza senza altri esempi: esso incontrasi non di rado, specialmente nello studio dei principii organici, come i carburi d'idrogeno, le essenze di trementina e di limone, e inoltre negli acidi tartarico e paratartarico. Queste due essenze, come questi due acidi, constano degli stessi elementi, uniti nelle stesse proporzioni e con lo stesso grado di condensazione; ma tuttavia con una disposizione diversa. Di più i due carburi, come i due acidi, possono dare origine a combinazioni parallele; e questa è la cagione per cui tali corpi sono detti *isomeri*. Ora il nichel e il cobalto si comportano nel medesimo modo. È certamente strano il trovare una simile analogia tra dei corpi composti, come sono i carburi e gli acidi, e i detti due metalli, che son ritenuti due corpi semplici, come se questi due pretesi corpi semplici fossero anch'essi formati per via di una diversa disposizione di certe materie elementari più semplici ancora dei metalli.

« Continuiamo in questi confronti, che ci offrono ancor più largo campo. Infatti, a lato degli elementi isomeri, ne possiamo mettere altri, che non hanno i pesi atomici uguali, ma legati in un medesimo gruppo da rapporti numerici semplici e multipli gli uni degli altri. L'ossigeno, per esempio, può essere paragonato allo zolfo nelle combinazioni, a cui questi due corpi dànno origine unendosi all'idrogeno o ai metalli. L'acqua e l'idrogeno solforato, gli ossidi e i solfuri formano due serie di combinazioni parallele. Lo zolfo presenta poi delle analogie ancor maggiori col selenio e col tellurio: questi corpi semplici formano, torno a dire, coll'idrogeno, coi metalli, e persino con l'ossigeno e con la maggior parte degli altri elementi, delle combinazioni parallele. Ora l'analogia chimica di questi corpi si riscontra nel confronto numerico dei loro pesi atomici: il peso atomico dello zolfo è presso a poco doppio di quello dell'ossigeno, quello del selenio è quasi quintuplo, quello del tellurio è otto volte più grande di quello dell'ossigeno, cioè quadruplo di quello dello zolfo.

« Inoltre noi troviamo delle analogie assai notevoli nello studio dei carburi d'idrogeno. Questi pesi atomici di elementi multipli gli uni degli altri richiamano i corpi *polimeri*, vale a dire i composti condensati della chimica organica. Si conoscono infatti dei carburi d'idrogeno costituiti dai medesimi corpi semplici, uniti nella stessa proporzione relativa, ma tali, che i loro pesi molecolari e le loro densità gasose sono multiple le une dalle altre. La benzina e l'acetilene, a cagione d'esempio, sono carburi d'idrogeno appartenenti a quest'ordine: tutti e due constano d'una parte in peso d'idrogeno unita a sei parti di carbonio. Ma il vapore della benzina, a parità di volume, è tre volte più pesante di quello dell'acetilene. E non basta: la benzina deriva dall'acetilene per condensazione diretta; essa è il suo polimero. Viceversa noi conosciamo il modo di trasformare coll'esperimento questi composti polimeri nel senso inverso, cioè tornare dal carburo condensato al suo generatore; noi sappiamo specialmente trasformare la benzina in acetilene mediante il calore e l'elettricità.

« Questa somiglianza tra i carburi polimeri e i corpi sem-

plici a pesi atomici multipli suggerisce subito il tentativo di altre trasformazioni dello stesso ordine. Se noi trasformiamo i carburi d'idrogeno, perchè non si potrebbe riuscire a modificare anche quei corpi semplici, che presentano rapporti numerici analoghi? Perchè non si potrebbe far lo zolfo con l'ossigeno, fare il selenio e il tellurio mediante adatti processi di condensazione?

« Nulla, invero, vi si oppone *a priori;* tuttavia, e qui sta il punto essenziale, la prova sperimentale, spesso tentata, è fallita, almeno finora » (1).

126. Tuttavia, altre ragioni ancora si possono citare in appoggio dell'ipotesi che i pretesi corpi semplici sieno invece complessi. L'esistenza delle famiglie naturali di corpi semplici, riconosciuta dall' Ampère, famiglie, nelle quali le proprietà fisiche, chimiche e numeriche sono legate da leggi chiarissime; i curiosi rapporti matematici tra gli equivalenti di tutti questi corpi, e viceversa gli stati allotropici d' una medesima sostanza, le varietà del carbonio, le anomalie dell'azoto; finalmente, e più che tutto, la ripugnanza della mente ad ammettere un numero affatto irrazionale di corpi semplici, tutto concorre a farci supporre una forma materiale più elementare, dalla quale tutto il resto deriverebbe per via di combinazione o di condensazione. Non bisogna dimenticare che tutte queste non sono che ipotesi; ma è interessante spingerle fin dove è possibile.

Di due cose l'una: questa materia prima non può essere che o discontinua o continua. Da queste due ipotesi non si esce; ma vi è questo di singolare, che

(1) M. Berthelot, *Le origini dell'alchimia*, IV, 2. Tuttavia lo stesso autore fa notare un poco più avanti che con l'ossigeno si fa direttamente l'ozono, « corpo dotato di proprietà specifiche singolarissime, e al tutto paragonabile ad un corpo semplice ».

tanto l'una che l'altra conduce ugualmente a considerare la materia elementare come una pura astrazione senza alcuna realtà fisica (1), nè metafisica, a più forte ragione.

Esaminiamo dapprima l'ipotesi della materia discontinua. Il modo più semplice di figurarsela sarebbe quello degli atomisti, i quali la imaginavano come una riduzione degli oggetti sensibili, che noi percepiamo, ma spogliati delle loro qualità speciali. Gli elementi della materia sarebbero quindi paragonabili a granelli di sabbia immensamente piccoli, ma che tuttavia hanno qualche dimensione. Questi *ultimati*, come li ha detti un fisico contemporaneo, formerebbero, coi loro diversi aggruppamenti, le molecole dei corpi chimici. A prima giunta questa idea sembra semplice e facilissima a capire; ma, ben pensandoci, questi elementi, per quanto piccoli, sono pur sempre estesi, e quindi composti di parti; e allora, d'onde viene la loro unità? Se non hanno altra proprietà che l'estensione, essi si confondono collo spazio, in cui si muovono; bisognerebbe dunque attribuir loro la resistenza. Ma la resistenza, quale noi la conosciamo, è una proprietà variabile, dipendente dalla struttura stessa dei corpi, e che passa dalla coesione dell'aria a quella del diamante. Essa dipende poi dalla forza esteriore: il burro è solido per una mosca, ma pastoso per l'uomo; sottoposto a una forte pressione, scorrerebbe come un liquido. La resistenza dell'atomo sarebbe dunque una resistenza *infinita*, cioè più grande di ogni quantità data; ma questo non è che un limite, cioè un'astrazione concepita come realtà. Quanto poi questo concetto sia artificiale, lo

(1) Vale a dire sensibile e percettibile.

si intende considerando che, per ciascun punto, la resistenza passerebbe improvvisamente da un valore nullo a un valore infinito. E non meno inesplicabile è l'azione che questi atomi esercitano gli uni sugli altri: infatti, se si toccano, come avviene che non si confondono? (1) E se non si toccano, come possono essere impenetrabili? La loro vera definizione sarebbe allora la forza che essi esercitano a distanza l'uno sull'altro.

In questo nuovo concetto della materia discontinua, l'atomo non sarebbe che un centro di forze, il punto d'applicazione di una ripulsione, che si eserciterebbe sopra altri centri simili secondo una legge determinata, e di cui si potrebbe ricercare la formola più corrispondente ai fatti osservati. La realtà della natura consisterebbe in questa legge matematica. È questa un'idea antichissima, e sembra che fosse quella stessa dei Pitagorici, secondo i quali ogni materia consta di punti e d'intervalli diversamente disposti (*μονάδες καὶ διαστήματα*), soggiungendo che tutte le cose sono altrettanti *numeri*, vale a dire altrettante funzioni geometriche. Nei tempi moderni questa dottrina è stata sostenuta dal Boscowich, che meglio degli altri le diede una forma sistematica (2). Ogni unità materiale occuperebbe dunque, in un certo senso, lo spazio intero, poichè la sua resistenza non sarebbe nulla che all'infinito e non sarebbe infinita

---

(1) Si potrebbe dire che gli atomi si toccano solamente in un punto; ma questo torna alla medesima conclusione, perchè ridurre un contatto fisico ad un punto matematico equivale evidentemente al ridurlo ad una astrazione.

(2) Il padre Boscowich, della Compagnia di Gesù (1711-1787) scrisse, tra altro, un libro intitolato *Theoria philosophiae naturalis redacta ad unicam legem virium in natura existentium*, nel quale si espone la teoria, a cui accenniamo.

che in un punto. Questo concetto è semplicissimo e bellissimo dal punto di vista matematico; esso ha il grande vantaggio di prestarsi bene all'analisi e di non sconcertare troppo l'imaginazione. Egli è evidente che per la sua stessa natura puramente geometrica questo concetto fa della materia un simbolo, una specie di algoritmo assai comodo, poichè riduce a formole e a punti tutto quanto vi è nel mondo di permanente e di reale.

127. Se vogliamo invece attenerci al secondo corno del dilemma, da noi posto in principio, la conclusione non cambia. Cartesio concepì la materia come continua, e non le ha attribuito che due sole qualità, l'estensione e la mobilità. Rinnovando, forse senza saperlo, una teoria di Platone (1), egli suppone che questa estensione sia differenziata da turbini, che vi si formano, e che la dividono, per così dire, in porzioni di grandezza diversa. Molto screditato nel secolo XVIII a cagione dell'influenza preponderante dell'atomista Newton, il sistema dei turbini tornò di poi in favore. Le proprietà dei movimenti rotatorii in un fluido perfetto, continuo, omogeneo ed incomprimibile, calcolati dapprima dal Lagrange in modo puramente teorico e senza scopo di applicazioni, suggerirono a sir W. Thomson l'idea di tornare a delle idee analoghe a quelle di Cartesio (2). Infatti, se nell'ambiente sopradetto supponiamo un movimento rotatorio formante una specie di tubo, si può dimostrare: 1.° che questo tubo deve rinchiudersi in forma di anello; 2.° che il suo volume, e, per conse-

(1) Teoria esposta nel *Timeo*, che è il περὶ φύσεως di Platone.

(2) Questa ipotesi fu esposta in una memoria intitolata *On Vortex Atoms*, inserita nei resoconti della Società Reale di Edimburgo, 1867.

guenza, la sua massa sono costanti; 3.° che la sua energia resta sempre invariata; 4.° che il tubo è indestruttibile ed impenetrabile da qualsiasi altro anello della stessa specie, nonchè alle sue stesse circonvoluzioni. Ora, con queste proprietà si può « fare il mondo » come diceva Cartesio. Il turbine anulare di fluido continuo sarebbe dunque il vero atomo, l'elemento primordiale, i movimenti e le combinazioni meccaniche del quale produrrebbero la materia propriamente detta, cioè ponderabile e percettibile.

Questa ingegnosa ipotesi, sebbene in apparenza più concreta, non è, come tutte le altre, che un simbolo geometrico. Infatti, se tutti i punti del continuo primitivo posseggono le identiche proprietà, come per esempio vuole il Cartesio, presso il quale il continuo primitivo è identificato con l'estensione, il movimento diventa indiscernibile, perchè all'identico si sostituirebbe immediatamente l'identico; che se il continuo primitivo si ritenesse identico all'estensione, cioè se si volesse accordare ad ogni punto materiale una denominazione intrinseca, una realtà individuale, che permettesse di designarlo e di riconoscerlo ne' suoi movimenti, in questo caso il continuo sarebbe composto di parti elementari, il che è contradditorio. La continuità non è logica, se non in un oggetto astratto, per esempio nello spazio geometrico, le cui parti non hanno bisogno di esser discernibili, anzi hanno per proprietà fondamentale di non potersi discernere, come l'ha fatto vedere ottimamente il Duhamel (1). Per conseguenza, se noi prendiamo la continuità come legge della materia, abbiamo sempre un'idea astratta, un concetto matematico, del quale facciamo il prin-

(1) *Meccanica*, Sezione seconda, cap. I.

cipio esplicativo della materia, come nell'ipotesi atomistica o in quella dei Pitagorici (1).

128. Insomma, qualunque opinione s'abbracci intorno alla costituzione della materia, supponendola unica, si riesce a considerarla come una funzione, come un rapporto, come una legge, non come un oggetto sensibile e percettibile. Questa conclusione è perfettamente logica, poichè la spiegazione scientifica non ha per iscopo di penetrare nell'essenza delle cose, come sognano i metafisici; essa consiste solamente [160] nel trovare i mezzi più convenienti per tradurre tutti i fatti in un simbolismo comune, e con ciò rendere intelligibile l'ordine, in cui si presentano. Se dunque si ammette, come la ragione e l'esperienza dichiarano probabile, un principio unico, da cui derivino tutti i corpi semplici, la loro trasformazione è perfettamente logica, come quella che va dal sensibile al sensibile; ma questo principio stesso non può *essere isolato* altrimenti che nel pensiero, poichè esso non è *una cosa* nel senso materiale del vocabolo, e non può manifestarsi, se non perdendo la sua semplicità. Esso è la formola generale, e gli oggetti percettibili ne sono i valori speciali; essi non sono composti fisicamente dagli elementi della formola come l'acqua da' suoi elementi, ma sono generati da essa formola come il cerchio è generato dalla sua definizione, talchè si è potuto dire a ragione che essi si trovano l'uno verso l'altro negli stessi rapporti di quelle figure geometriche, che rappresentano le varie radici d'un'equazione.

---

(1) È questa la seconda antinomia del Kant nella *Critica della ragion pura*.

Questa conclusione del problema, che indaga la costituzione fisica della materia, non è nuova. Essa è stata presentata, circa trent' anni fa, da un eminente chimico contemporaneo come un' ipotesi sostenibile anche dal punto di vista sperimentale, e che deve le sue origini alle speculazioni filosofiche del medio evo (1). Di questa ipotesi non sarebbe impossibile ritrovare le traccie in Platone e nei Pitagorici; ma comunque ciò sia, noi abbiamo tentato col sin qui detto di far vedere, mediante l' analisi logica dei nostri concetti e valendoci del metodo della psicologia critica, che questa ipotesi non è solamente una ipotesi plausibile, ma che è la sola possibile per chi ammette l' unità della materia; di maniera che, a meno che non si voglia conservare nella scienza la *vis dormitiva*, le virtù specifiche e le qualità occulte, sbandite dal Cartesio, si è costretti a concludere essere la materia un' astrazione.

Tuttavia, non bisognerebbe considerare la materia come un puro nulla: ciò equivarrebbe a rovesciare arbitrariamente tutte le idee di realtà e d'irrealtà. La materia, quale ci è attualmente data e dalla sua resistenza alla volontà, che non può governarla a suo piacimento, e dalla sua resistenza all'intelligenza, che non può penetrarne l'essenza, e che è costretta ad accoglierla come un dato ultimo e positivo, la materia, diciamo, presenta i caratteri più saldi di ciò, a cui gli uomini van d'accordo nel dare il nome di realtà. Ma bisogna evitare di attribuire questa realtà sia alle prime apparenze, sotto le quali essa si manifesta, sia alle formole astratte, alle quali la sua analisi conduce. La materia è la più semplice delle forme, sotto

(1) M. Berthelot, *Comunicazione alla Società chimica di Parigi*, 1863.

le quali si presenta, nell'esperienza, la molteplicità fondamentale che costituisce la natura, e che la mente si sforza, in tutte le sue operazioni, di ricondurre all'identità.

L'analogia.

129. Tra le grandi ipotesi, che servono di idee direttrici nello studio della natura, è necessario far luogo ad un principio, la cui importanza nelle scienze ora fu enormemente esagerata, ora completamente disconosciuta, vogliam dire al principio di analogia. Ma prima di passare all'enunciazione ed all'esame di questo principio, conviene anzitutto chiarire il senso del termine *analogia*, che la lingua volgare ha di molto oscurato, adoperandolo quasi indifferentemente come sinonimo di somiglianza, o per lo meno di somiglianza parziale.

Se si considerano — e questo è il caso più semplice — due figure geometriche simili, o due frazioni aritmetiche proporzionali, si ha un primo esempio di analogia, che è il più chiaro, ma non il solo, che venga contemplato dalla matematica. Un'altra forma dell'analogia è la simmetria: le due mani dell'uomo non sono identiche nè uguali nè simili; ma sono tuttavia analoghe, perchè ogni parte dell'una ha il suo corrispondente nell'altra, quantunque sieno disposte in senso inverso. Coloro che hanno qualche famigliarità colla matematica, ne possono vedere un esempio ancor più chiaro in quelle curve, che hanno due rami simmetrici, uno positivo, l'altro negativo.

Anche nelle scienze fisiche s'incontrano esempi di analogia. In chimica, vi sono dei corpi analoghi, cioè capaci di combinarsi con un altro corpo dato produ-

cendo dei composti paralleli. In fisica, il suono è analogo alla luce, perchè amendue hanno un carattere comune, che è la vibrazione, malgrado la differenza del mezzo, che le serve di veicolo. Di più, la stessa analogia si osserva tra la maggior parte delle loro leggi: vi è la riflessione e la dispersione del suono come vi è la riflessione e la dispersione della luce, e il fenomeno dei bàttiti rassomiglia tanto a quello delle interferenze, che guidò lo Young alla scoperta di quest'ultimo. Ma l'analogia riesce evidente e frequente sopra tutto negli esseri viventi, cioè a dire nelle scienze naturali; non ostante le differenze, enormi a prima vista, che passano tra un uomo ed un uccello, e tra un uccello ed un pesce, la loro struttura è analoga, poichè tutti constano di una serie di segmenti vertebrali che formano colonna; hanno tutti un capo collocato all'estremità anteriore di questa colonna, un tubo digestivo, che ne percorre tutta la lunghezza, e una quantità d'organi, che si corrispondono a vicenda, il che costituisce il carattere essenziale dell'analogia.

Infatti, se noi cerchiamo una definizione comune che comprenda tutti i casi, nei quali noi affermiamo spontaneamente che due cose sono *analoghe* (non soltanto somiglianti), noi troviamo che questa proprietà consiste essenzialmente in una *identità di rapporti* fra termini materialmente diversi e che possono persino non aver nulla affatto di comune tra di loro. La proporzione matematica e la somiglianza geometrica, che noi abbiamo accennato per le prime, sono il tipo più puro dell'analogia. Laonde meritano lode i matematici antichi per aver inventato a rappresentare questi generi di rapporti un segno distinto e generalissimo: $a:b::c:d$. L'abitudine di considerare esclusiva-

mente dei rapporti di grandezza, fece abbandonare poco a poco questa notazione per adottare l'altra più particolare $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$. Ma questo modo di scrivere, tutto speciale alle grandezze algebriche, non lascia scorgere del tutto la nozione generale della somiglianza (1). Infatti anche in matematica l'analogia si limita alla proporzionalità; già abbiamo accennato alla simmetria; parimente, una figura geometrica, che si deforma secondo una legge qualunque, ma così fatta, che la conoscenza di questa legge basti a determinarla interamente in ciascun momento dato, resterà sempre, secondo questa definizione, analoga alla figura primitiva.

Ma tra le cose, che noi conosciamo, non esistono solamente dei rapporti di posizione o di quantità; a cagione della nostra natura emotiva e percettiva, i rapporti qualitativi sono ancor più numerosi, e anch'essi generano, come è naturale, delle analogie. Un alveare è analogo ad un formicaio, un'ala ad un braccio, un petalo ad una foglia. Nell'ordine psicologico, la facoltà plastica, che crea un'opera d'arte, è quasi in ogni suo punto analoga alla forza direttrice, che presiede all'evoluzione d'un essere vivente. « Le opere dell'ingegno, come i figli degli uomini, sono concepite in mezzo al piacere, condotte a termine con fatica, e messe in luce con dolore ». E, per andare ancor più lontano, la lingua stessa, colle sue tanto usitate metafore, non c'insegna che il sapere e l'ignoranza stanno tra loro come la luce e le tenebre, e che la verità e la menzogna sono analoghe ai concetti di diritto e di storto?

(1) I segni $\div$ e $\therefore$ si usano ancora, del resto, per designare la progressione aritmetica e la progressione geometrica, che sono due altri tipi di analogia.

130. La proprietà fondamentale dell'analogia ci è insegnata dalla matematica: in ogni analogia *la conoscenza di due termini analoghi e d'un termine isolato determina l'analogo di questo termine*, con una precisione più o meno grande, a seconda della precisione dei concetti stessi, di cui si tratta, la quale può passare per tutti i gradi, cioè dal rigore perfetto della somiglianza matematica sino all'estrema indeterminatezza delle fuggevoli analogie poetiche o metafisiche. Così da $a : b :: c : x$, io cavo $ax = bc$; dall'analogia che passa tra Dio e l'uomo (seguendo la Scrittura) si riesce alla provvidenza personale e alle intenzioni della divinità. E per tenere il mezzo tra due esempi così lontani, è noto quali ammirabili ricostruzioni d'animali abbia fatto il Cuvier, seguendo il suo principio della correlazione degli organi, e come la scoperta posteriore di questi stessi animali sia venuta a dimostrare la giustezza del suo ragionamento.

« L'anatomia comparata possiede un principio, che, se convenientemente svolto, basta a togliere tutte le incertezze; è questo il principio della correlazione delle forme negli esseri organizzati, mediante il quale ciascuna specie potrebbe, rigorosamente parlando, essere riconosciuta dall'esame di ogni frammento di ciascuna delle sue parti.

« Ogni essere organizzato forma un complesso, un sistema unico e chiuso in sè stesso, le parti del quale si corrispondono a vicenda e concorrono alla medesima azione definitiva mediante una reazione reciproca. Nessuna di queste parti può variare, senza che anche le altre si modifichino; per conseguenza, ciascuna di queste parti presa separatamente indica e dà tutte le altre.

« Poichè questi rapporti sono costanti, devono di necessità avere una ragione sufficiente; ma siccome noi non la conosciamo,

dobbiam supplire con l'osservazione al difetto della teoria: essa ci serve a stabilire delle leggi empiriche, le quali, allorchè sono basate sopra osservazioni abbastanza reiterate, diventano altrettanto certe quanto lo sono le leggi razionali; di maniera che, al presente, chi vede soltanto l'orma d'un piede fesso, può concludere che l'animale, che ha lasciato una tal traccia, ruminava, e questa conclusione è certa quanto lo sono quelle della fisica e della morale. Quell'orma indica all'osservatore e la forma dei denti e quella delle mascelle e quella delle vertebre e quella di tutte le ossa crurali e femorali e quella delle spalle e del bacino dell'animale che l'ha lasciata.

« Ora, adottando in questo modo il metodo d'osservazione come mezzo supplementare, allorchè ci mancano i criterii teorici, si giunge a particolari mirabilmente minuti. La più piccola faccetta d'un osso, la più piccola apofisi hanno un carattere fisso rispetto alla classe, all'ordine, al genere o alla specie, alla quale appartengono, di guisa che, quando abbiamo anche soltanto un'estremità d'osso abbastanza ben conservata, si può con l'attento studio e aiutandosi con l'analogia e coi confronti effettivi, determinare tutte queste cose con la medesima sicurezza, con la quale si procederebbe se si possedesse l'animale intiero. Molte volte ho esperimentato questo metodo sopra parti di animali conosciuti, prima di fidarmene interamente riguardo ai fossili; ma la sua infallibilità è stata così costante, che io non conservo più alcun dubbio sulla certezza dei risultamenti che ne ho ottenuto » (1).

131. Questa proprietà di determinazione, che è inerente all'analogia, spiega una delle sue più importanti applicazioni, cioè il *simbolo*, che è un sistema di segni organizzati allo scopo di rappresentare, mediante i loro vicendevoli rapporti, i rapporti che passano tra altri oggetti lontani o impossibili a percepirsi. Serviamoci di un esempio: le note scritte

(1) Giorgio Cuvier (1769-1832). *Discorso sulle rivoluzioni del globo.*

sul rigo sono il simbolo della musica reale, che tal quale non si può scrivere. E perchè? perchè ciascuno degli elementi che entrano nella musica è rappresentato da un elemento della notazione; se si alza una nota, bisogna alzare anche il punto nero, che le corrisponde, se si aumenta la sua durata, bisogna togliere dei tagli alla gamba, se si cambia il tono, bisogna cambiare la chiave. E viceversa, ciascuna di queste modificazioni, una volta fatta, basta a determinare la modificazione corrispondente, da cui fu provocata. Di maniera che, a prima vista, e sotto la sola condizione di conoscere la *legge d'analogia*, che lega la musica reale alla sua notazione, basta guardare una partitura per aver l'idea dei motivi o degli accordi in essa contenuti. — Lo stesso rapporto esiste tra la scrittura e la parola, tra la lingua e il pensiero. In altro ordine di idee, Saturno può essere considerato come il *simbolo* del tempo, perchè il suo nome greco (Χρόνος) vuol dir tempo, e perchè tutti i caratteri della sua leggenda, come ha fatto vedere il Buttmann (1), corrispondono ai caratteri inerenti al concetto di tempo.

132. Determinati così il senso e le proprietà fondamentali dell'analogia, resta a ventilare la questione più importante per ben dirigere le nostre ipotesi scientifiche: qual posto occupa l'analogia nel mondo?

Indubbiamente essa esiste tanto nelle opere dell'uomo che in quelle della natura. Anzi essa è molto diffusa, come si può vedere anche dai pochi esempi

---

(1) Jacobi, *Dizionario mitologico*, articolo *Saturno*. — Questa formola è, del resto, antichissima: la troviamo già in Eraclito, che, nelle sue dottrine, ha inoltre molto di comune con gli alchimisti.

che ne abbiamo citato, nelle scienze e nelle arti più diverse. Aggiungiamo finalmente che, tranne nella matematica, l'oggetto della quale è rigorosamente omogeneo, noi non concludiamo mai dall'identico all'identico, ma sempre dall'analogo all'analogo: poichè se le proporzioni tra l'ossigeno e l'idrogeno che si combinano nell'acqua, rimangono sempre le stesse, gli atomi sono diversi tutte le volte che noi facciamo la sintesi dell'acqua. Dunque tutte le leggi fisiche e naturali sono in sostanza altrettante analogie, cioè sono l'espressione di rapporti identici fra termini diversi, e la nostra credenza nelle leggi della natura implica anche la credenza in una certa specie di analogia.

Ma non vi sono nel mondo delle analogie più estese di questa? Qui incominciano le ipotesi.

Una dottrina antichissima, l'origine della quale si perde nei tempi tenebrosi delle vecchie civiltà orientali, afferma che il mondo è formato da un certo numero di regni sovrapposti gli uni agli altri e legati dalla legge di analogia; la materia propria a ciascun d'essi è differente, ma i rapporti e le leggi rimangono identici, di guisa che è possibile stabilire tra questi regni delle rispondenze, e mediante queste rispondenze veder chiaro in quei punti, che direttamente ci sono inaccessibili. Il mondo celeste, il mondo morale, il mondo materiale riprodurrebbero così la medesima sinfonia in diversi toni, e questo complesso formerebbe l'armonia di tutte le cose. Pitagora, per testimonianza di Simplicio, e Platone sono i più antichi rappresentanti di questa opinione, almeno tra i filosofi da noi conosciuti: poichè essi stessi la presentano come una rivelazione tradizionale da loro appresa in Egitto o in Asia. I Neoplatonici, e specialmente i Gnostici dei

primi secoli cristiani, diedero a questa opinione grandissima importanza, e lo stesso fecero, nel medio evo, gli alchimisti, le idee dei quali furono spesso molto superiori alle opere. Essi consideravano le rispondenze analogiche dei varii mondi come la chiave principale del loro grande assunto, la trasformazione dei metalli; e la *Tavola di smeraldo*, la più celebre delle opere ermetistiche, incomincia con questa formola, nella quale è facile riconoscere il principio d'analogia: « Ciò che è in alto è uguale a ciò che è in basso, e ciò che è in basso è uguale a ciò che è in alto, per il raggiungimento d'uno stesso fine » (1). Nel risorgimento infine, i nomi di Giacobbe Boehme, di Paracelso e dei due Van Helmont sono prove del credito, di cui godeva questa opinione.

133. Cartesio scalzò fortemente questo modo di concepire il mondo confutando, nel suo *Discorso sul metodo*, le scienze del medio evo, e specialmente col suo sistema del meccanismo universale. Il XVII e il XVIII secolo, considerati nel loro complesso, lo seguirono in questa via. È cosa tuttavia abbastanza curiosa l'osservare come la lingua nostra abbia conservate le traccie delle teorie antiche sulle analogie e le rispondenze dei diversi mondi: il metallo *Hg* si chiama ancora mercurio, come il pianeta, che gli corrisponde nel mondo siderale; i sali, che si dicono di Saturno, sono sali di piombo, che passa per l'analogo del pianeta Saturno; i medici parlano spesso di rimedii marziali per indicare delle preparazioni a base di ferro, metallo che simboleggia il pianeta Marte. I sette giorni della settimana hanno sempre

(1) Hoefer, *Storia delle scienze fisiche*, pag. 353, 354 (ediz. francese).

conservato il nome dei sette corpi celesti, ai quali corrispondono secondo l'astrologia, e nelle tavole meteorologiche si indicano quasi sempre col segno del loro pianeta. Inoltre, nei vocaboli che denotano il carattere stesso degli uomini, si rinvengono le antiche designazioni; ne è prova il temperamento *lunatico*, che si credeva corrispondesse alle proprietà della luna, e il carattere *gioviale*, che sarebbe, a quanto pare, il carattere degli uomini nati sotto l'influenza del pianeta Giove. — E di questi esempi se ne potrebbero citare molti altri.

134. Il Leibnitz, che conosceva tutte queste dottrine, avendole studiate con Francesco Mercurio van Helmont, ne conservò l'idea principale nella sua filosofia. Ma quest'idea, per così dire, si biforcò, e diede origine presso di lui a due concezioni distinte, l'una metafisica, l'altra scientifica. Dal punto di vista metafisico, la sua teoria dell'armonia prestabilita o degli accordi è tutta ispirata dall'idea di analogia; essa conclude infatti che ogni monade o sostanza creata contiene in sè stessa la rappresentazione chiara oppure oscura di tutto quanto l'universo, di modo che basterebbe conoscerne perfettamente una sola per non ignorar nulla di tutto l'universo. Ogni essere è dunque un microcosmo, un compendio dell'universo; e questa qualità, che il medio evo non riconosceva che nell'uomo, viene estesa a tutte le sostanze create, e persino a Dio, l'intelligenza del quale riassume anch'essa tutto il mondo. Per conseguenza tutti gli esseri sono analoghi nel loro sviluppo; anzi, secondo il Leibnitz, è questa sola analogia quella che produce l'azione apparente e fenomenale, che le sostanze esercitano le une sulle altre.

Ma anche nell'ordine di questa apparenza, cioè nella scienza sperimentale, e non più nella metafisica, l'analogia si manifesta del pari. Il Leibnitz ne ha riassunto i casi più salienti in una formola, che meriterebbe d'essere più conosciuta: « I composti simbolizzano i semplici » (1). Quattro rettangoli uguali, convenientemente riuniti, formano un rettangolo simile a ciascuno di quelli onde è composto. La stessa legge si ritrova spesso nella natura: un ramoscello d'albero, con tutte le appendici che se ne staccano, riproduce le disposizioni e le forme essenziali dell'intero albero. Ma l'analogia è sopra tutto evidente nelle specie animali: ogni essere vivente è una società, ogni società è un essere vivente. I fisiologi hanno dimostrato mediante l'anatomia, la fisiologia e la storia naturale degli animali inferiori, che gli animali superiori non sono che colonie molto centralizzate, e società animali fornite di eccellente governo. Parallelamente i filosofi scoprivano che lo Stato è un individuo, una persona morale, per ripetere l'energica espressione del *Contratto sociale* [105], e che così la cellula, l'uomo, la nazione erano tutti esemplari di uno stesso tipo, cioè dell'individualità — ma riprodotti in proporzioni diverse. Non è possibile imaginare un più calzante esempio dell'analogia che passa tra i semplici e i composti.

« Se si esaminano più attentamente le modificazioni, a cui soggiacciono le leggi che abbiamo testè esposte (le leggi degli organismi) quando si applicano alle società più elevate del regno animale, si vede ben presto che esse assumono un aspetto nuovo, senza che perciò cambino completamente di natura. In

(1) Leibnitz (1646-1716), *Monadologia*, tesi 61.

fatti, man mano che ci allontaniamo dai primordii della vita, si vede che gli aggruppamenti degli esseri viventi si compiono non più sotto l'influenza di forze fisico-chimiche o di eccitazioni fisiologiche, ma dietro l'impulso di tendenze sempre più sensibili e di attrattive sempre più accentuate. Si passa insensibilmente dall'esterno all'interno, da un gioco di movimenti più o meno complicati (e in che cosa d'altro consiste la vita?) si passa ad una corrispondenza di rappresentazioni e di desiderii, cioè alla coscienza. Se si esaminano, lo ripetiamo, i rapporti di questi fenomeni, si vede che nulla è cangiato. Essi si aggruppano secondo le leggi stesse che presiedono all'unione degli elementi organici, e non hanno, come i fenomeni vitali, altro scopo tranne la conservazione e lo sviluppo dell'essere collettivo; ma questi fenomeni, che appaiono collegati da una stessa armonia, non appartengono più al medesimo ordine.

« Passando da un ordine all'altro, il consenso organico diventa solidarietà, l'unità organica, raffigurata nello spazio, diventa coscienza invisibile, la continuità diventa tradizione, la spontaneità del movimento diventa invenzione di idee, la specializzazione delle funzioni prende il nome di divisione del lavoro, la coordinazione degli elementi si cambia in simpatia, la loro subordinazione diventa rispetto o abnegazione, la stessa determinazione dei fenomeni diviene deliberazione e libera scelta.

« Correggendo dunque la nostra prima definizione (1), diremo che, se è vero che la società è un essere vivente, è pur vero che esso è anzitutto costituito da una coscienza. Una società è dunque una coscienza, ossia un organismo di idee. Con ciò noi evitiamo il biasimo, nel quale incorsero parecchi sociologi, ai quali si rimprovera d'aver spiegato un modo d'esistenza superiore servendosi d'un modo d'esistenza inferiore. In luogo di tentar di spiegare la coscienza mediante l'organismo materiale, noi inclineremmo a spiegare l'organismo materiale mediante la coscienza. Poichè ogni spiegazione parte da noi stessi, e consiste nel proiettare la luce tolta dal focolare dell'anima sulla crescente oscurità, da cui siamo circondati.

---

(1) La società è un essere vivente.

« Infatti ogni essere ci si presenta sotto due aspetti: da un lato esso è una serie di fenomeni, che si succedono secondo una legge, dall'altro lato è una virtualità efficace, dalla quale questi fenomeni emanano continuamente. Ogni essere dà quindi origine a due problemi: 1.° come, cioè secondo qual modo questo essere apparisce e si manifesta a noi? 2.° che cos'è questo essere? mediante quale stato del nostro io possiamo noi rappresentarlo nell'intimo della sua natura? Il primo problema ha dato origine alla fisica, presa nel senso più universale, e la sua soluzione è divenuta sempre più chiara da Cartesio in poi. Il secondo problema ha generato la Metafisica, e siccome noi non possiamo rappresentarci l'interno degli esseri se non per mezzo della coscienza, la Metafisica è sempre stata ed è ancora, ad onta di tutte le apparenze, una dottrina idealista. Con Aristotele e col Leibnitz essa si è spinta sino ad attribuire la nostra natura agli esseri evidentemente ciechi ed incoscienti, come sono le forze inanimate (1). Ma se questa è un'insigne temerità, non saranno certamente i suoi sostenitori quelli che si lagneranno di sentirci definire anche la società animale mediante l'analogia che ha con la coscienza umana, senza togliere alle leggi del meccanismo nulla di più di quel che ne abbia levato l'autore del sistema delle Monadi.... E non solo la coscienza è per noi qualche cosa di reale, ma è più reale d'ogni altra cosa, ed è quella che conferisce la realtà a tutto il resto » (2).

135. Esistono altri casi d'analogia altrettanto interessanti, che possono, a rigore, entrare sotto la formola del Leibnitz, ma che hanno per carattere la semplificazione spontanea di fenomeni complessi, e talvolta, il che è ancora più notevole, la loro riversibilità.

---

(1) In questa frase vi è un po' d'esagerazione: i nomi stessi di questi due grandi scienziati, ai quali se ne potrebbero aggiungere molti altri, dicono abbastanza chiaramente che l'ipotesi dell'incoscienza delle forze naturali non è poi così *evidente* come può sembrare a prima giunta.

(2) M. Espinas, professore alla Facoltà di Bordeaux, *Le Società animali*; F. Alcan editore, Conclusione, § 2, *passim*, pagine 527-537.

Una lastra fotografica, esposta nella camera oscura d'un apparecchio, riceve, sotto l'influenza dei raggi luminosi, un'azione meccanica complicatissima, la quale non si manifesta tuttavia immediatamente. Per completarne l'effetto è inoltre necessaria un'altra azione chimica, non meno complicata della prima, cioè lo sviluppo. E quando tutte queste azioni hanno avuto luogo e si sono combinate, ne apparisce un risultato assai semplice, cioè l'imagine dell'oggetto, che poco prima si formava sulla lastra sensibilizzata. Ma forse questo esempio sembrerà troppo comune. Prendendo certe precauzioni e servendosi d'uno strato sensibile perfettamente puro e uniforme, se dietro al detto strato si colloca una superfice riflettente la luce, e poi si opera come è detto di sopra, per un meccanismo d'ottica, naturale, ma stupendo per la complicazione de' suoi particolari e per la semplicità del risultato, si vede riapparire in ciascun punto della lastra il preciso colore, da cui era stata impressionata (1). La fisica e la chimica son piene di fenomeni che dànno risultati analoghi, ed un esempio, tra i molti, degno di particolare attenzione lo abbiamo nella riproduzione della voce mediante il fonografo.

Questi casi, nei quali la causa simbolizza coll'effetto passando attraverso tante modificazioni, che sembrerebbero dover far scomparire l'analogia, ci conducono alla forma ultima di questa proprietà, cioè alla riversibilità dei fenomeni. Se si accoppiano due macchine dinamo-elettriche, e colla mano se ne mette una in movimento, anche l'altra entra in azione per l'elettricità che le vien trasmessa. Se si

(1) Esperimento del Lippmann.

prende il ricevitore come motore, e viceversa, lo stesso fenomeno ha luogo in senso inverso. Tutto questo è interessante; ma noi possiamo ancora tener dietro assai bene alle trasformazioni dell'energia, alle attrazioni e alle ripulsioni che vi hanno luogo e che finiscono per mettere in moto tutto l'apparecchio. Ma prendiamo due macchine di Holz e congiungiamole nello stesso modo: ha luogo lo stesso fenomeno, con la differenza che qui lo spiegarlo è estremamente difficile. Spingiamoci ancor più lontano e consideriamo due telefoni di Bell, del primo modello, cioè senza pile, e cerchiamo di capire i fenomeni che vi hanno luogo. Io parlo davanti ad una delle laminette oscillanti: lo stato magnetico della sbarra centrale dell'elettro-calamita ne vien modificato, e per conseguenza lo stato di tutto quanto il circuito elettrico. Il movimento si trasmette all'altro telefono, di cui la laminetta oscillante vibra alla sua volta. Qual suono darà essa eseguendo questo movimento? — Prima che l'esperimento lo rivelasse, chi avrebbe potuto predirne i risultati? Appena i più ardimentosi avrebbero pronosticato che sarebbe stata riprodotta tal quale la maggiore o minore altezza dei suoni, essendo le azioni elettriche incomparabilmente più veloci delle vibrazioni sonore. — Ebbene, non solamente i suoni furono trasmessi alla precisa loro altezza, ma furono riprodotte le vocali con tutta la complessità dei suoni complementari, da cui sono caratterizzate; e questo fu ancora ben poco o nulla, malgrado la complicazione di onde elettriche, che tutte queste azioni dovevano far nascere in un solo filo. Ma il lato sorprendente di questo esperimento si fu che l'articolazione delle consonanti, la quale richiede tutta la meccanica della gola, del palato, della lingua e dei

denti, si trasformò in vibrazioni d'una lamina d'acciaio, poi in azione magnetica, poi in corrente elettrica, poi un'altra volta in azione magnetica, e finalmente si convertì di nuovo in vibrazioni d'un'altra lamina d'acciaio, per uscire dall'apparecchio ricevente tal quale era entrata nell'apparecchio trasmettitore, eccezion fatta d'una sonorità alquanto speciale, nella quale si riconosce però ancora il timbro della voce primitiva!

L'analogia è dunque frequentissima nei fenomeni organici e negli inorganici. Del che non ci possiamo meravigliare, se pensiamo, colla maggior parte degli scienziati e dei filosofi, che tutte le cose possono ridursi ad altrettante espressioni geometriche; infatti l'analogia non è altro se non la somiglianza e la proporzionalità, che sono tra le leggi essenziali di ogni rapporto matematico. Se egli è vero, secondo il detto di Platone, che Dio è l'eterno geometra, l'analogia sarebbe, quaggiù, il segno più visibile dei calcoli del grande architetto. — Ma se è facile scorgere la funzione dell'analogia, è però difficile racchiuderla in una formola. Dire col Leibnitz che i composti simbolizzano coi semplici, o aggiungere anche che le cause simbolizzano con gli effetti, è dire troppo e troppo poco ad un tempo: troppo, perchè ciò non è vero nè di tutti gli effetti nè di tutti i composti; troppo poco perchè l'identità dei rapporti fra termini diversi, nella quale consiste propriamente l'analogia, si riscontra in molti altri casi oltre ai fenomeni di causalità o di composizione. Questa idea ci deve dunque servire piuttosto di stimolo alla ricerca che di mezzo per la scoperta; è opportuno averla presente durante la « caccia di Pane » [76], come il cacciatore pensa con intensa attenzione alla selvag-

gina che deve trovarsi in qualche punto della campagna, e che può levarsi ad ogni momento su' suoi passi. Naturalmente noi non dobbiamo mai basarci sulla sola analogia per concludere in modo sicuro, e giustamente dice il proverbio che un paragone non è una ragione, perchè le analogie della forma non provano nulla quanto alla sostanza. Ma non bisogna neppur dimenticare, che, salvo casi straordinarii e assai poco frequenti, tutte le grandi scoperte scientifiche si fanno per via d'ipotesi, e nulla è più idoneo a far sorgere delle ipotesi quanto la considerazione abituale delle leggi comuni alle grandi e alle piccole cose, che spesse volte si spiegano l'una con l'altra: forse le leggi del sistema solare ci faranno scoprire un giorno le leggi della meccanica molecolare, come le leggi della vita organica incominciano già a farci conoscer meglio lo sviluppo politico e sociale dei popoli. Dobbiamo pertanto prestare speciale attenzione alle analogie che ci sembri di scorgere, e ricordare spesso, nelle nostre ricerche, la vecchia sentenza degli alchimisti sull'identità delle leggi del cielo con quelle della terra e di ciò che è in alto con ciò che è in basso.

Ipotesi speciali al sistema solare o al nostro pianeta.

136. Le ipotesi che noi abbiamo testè studiate sono le più larghe e le più feconde tra quante ne abbiano proposto le scienze. Ma altre ve ne sono pur degne di menzione: quelle, per esempio, che si riferiscono alla storia della terra e degli esseri che vi abitano. Certamente queste ultime hanno un carattere non troppo generale, nel senso proprio di questo vocabolo;

ma esse riescono interessanti perchè ci riguardano da vicino; e noi stessi occupiamo nel tempo e nello spazio un posto sì piccolo — almeno fisicamente parlando — che siffatte concezioni sono, per noi, ancora molto vaste. « D'altra parte, dice eloquentemente Eliseo Reclus, questo nostro piccolo globo non è egli, quanto il cielo, un vero *cosmos*, per l'ordine in cui sono disposte le sue parti e per la suprema armonia del suo complesso? Questo pianeta impercettibile non è esso, da un certo punto di vista, altrettanto grande dell'universo, essendo l'espressione delle medesime leggi? La forma della sua orbita, i suoi varii movimenti intorno al sole e intorno al proprio asse, la successione dei giorni e delle notti, tutti i fenomeni governati dalle grandi leggi cosmiche, fanno della terra il rappresentante d'ogni altro mondo; in lei noi studiamo tutti gli astri. » (1).

« L'origine della terra si perde nelle tenebre della nostra ignoranza. Nessuno fra gli scienziati può dire con sicurezza in qual modo siasi formato il nostro pianeta, sebbene nuovi astri nascano del continuo nell'immensità dei cieli. Il telescopio ci ha servito unicamente a verificare l'apparizione di questi corpi, ma nulla ci ha detto circa il modo, in cui si sono formati. Una volta solamente, vale a dire nel dicembre del 1845, gli astronomi hanno avuto la fortuna di assistere alla divisione d'una cometa; essi hanno veduto l'astro piegarsi, poi rompersi e formare due nuclei di grandezza diversa viaggianti nello spazio l'un dietro l'altro. Ma questo fatto unico non ci dà il diritto di imaginare che gli altri globi celesti si formino nello stesso modo e di affermare che le stelle e i pianeti si producono per una specie di sdoppiamento o di scissiparità.

« L'ipotesi al presente più accreditata è quella che, proposta

(1) Eliseo Reclus, *La Terre*, I, 2, Parigi, Hachette edit.

dapprima dal filosofo Kant, è stata sviluppata dallo Herschel, quindi ripresa e splendidamente sostenuta dal Laplace nell'*Esposizione del sistema del mondo*. E tanta è l'autorità, di cui gode quel grande geometra, che la sua ipotesi è, sebbene a torto, considerata da moltissimi come un fatto scientifico pienamente dimostrato.

« Laplace suppone in primo luogo che lo spazio, nel quale si muove al presente il sistema solare, sia stato occupato da una materia cosmica gasosa, avente un'alta temperatura e dilatata all'estremo, come i gas più rarefatti che si conoscano. Questa enorme nebulosa, raggiando continuamente, e così perdendo parte del suo calorico a profitto degli spazii circostanti, doveva condensarsi a poco a poco intorno ad un punto centrale destinato a diventare il sole. Attratte le une verso le altre, le molecole dei gas non obbedivano soltanto al movimento di condensazione, ma erano anche trascinate in un immenso giro attorno all'asse del sistema. La perdita di calorico e la concentrazione della massa sferoidale, che ne era la conseguenza, avevano per risultato di accrescere la velocità della rotazione. Nello stesso tempo la forza centrifuga cresceva in proporzione, e sotto l'influenza di questa forza, la massa atmosferica, facendosi piatta ai due poli, assumeva gradatamente la forma di un disco. Finalmente, l'attrazione che aveva trattenuto le molecole della circonferenza e aveva loro impedito di dispersi nello spazio, si venne a bilanciare con la forza centrifuga, e, mentre la maggior parte della massa gasosa seguitava a condensarsi intorno al nucleo centrale, la zona esterna, soggetta nello stesso tempo alle due forze opposte, cessava di modificare la sua distanza relativamente all'asse dello sferoide, e prendeva la forma d'un cilindro circolare, ossia d'un anello rotante.

« Altri anelli, staccatisi dalla massa condensata, s'isolavano successivamente nello stesso modo, continuando a descrivere intorno al sole il loro movimento rotatorio. Nell'ipotesi, questi anelli erano i futuri pianeti del sistema solare.... Nel mentre si rimpicciolivano a cagione della perdita di calorico, questi corpi anulari conservarono la loro forma per un tempo assai lungo, che naturalmente non si può determinare; ma quando, in conseguenza

di qualche perturbazione astronomica, uno tra i loro segmenti diventava più denso degli altri, esso esercitava una forza d'attrazione sempre crescente, rompeva a suo profitto la zona di materia gasosa, e la condensava intorno a sè sotto forma d'atmosfera concentrica. Il nuovo pianeta, in virtù delle leggi di rotazione, assumeva una forma sferoidale analoga a quella dell'astro, da cui aveva avuto origine; grazie alla forza d'impulsione primitiva delle sue molecole, il suo moto era divenuto doppio: il pianeta continuava a girare intorno al sole e incominciava a rotare intorno al proprio asse.

« Così, secondo le idee del Laplace, tutto quanto il sistema planetario avrebbe, in tempi remotissimi, fatto parte del sole. Questo astro, composto esclusivamente di molecole gasose molto più leggiere dell'idrogeno, si sarebbe esteso a tutto l'immenso spazio, in cui al presente descrivono le loro orbite i pianeti, compreso Nettuno. Allora il diametro dello sferoide solare sarebbe stato 6500 volte maggiore dell'attuale, e il suo volume 800 miliardi di volte il volume che il sole ha al presente. Similmente la terra, prima di raffreddarsi e di solidificarsi, si sarebbe estesa oltre al limite della luna, e il suo diametro sarebbe stato, a quei tempi, uguale al sestuplo del diametro attuale del pianeta Giove; ma il nostro globo, tutto composto ancora di materia aerea, non avrebbe avuto che una vita cosmica impersonale, e la sua vera esistenza non sarebbe incominciata se non colla sua solidificazione e coll'indurimento della sua crosta.

« È questa un'ipotesi ingegnosa, e senza dubbio la più bella e la più semplice di quante mai ne proposero gli astronomi. Meglio d'ogni altra essa spiega il moto uniforme di traslazione dei pianeti da occidente a oriente; e, in apparenza, va abbastanza bene d'accordo con certi fatti della storia successiva del nostro globo, quale essa ci viene insegnata dalla geologia.

« Ma l'ipotesi avanzata dal Laplace fu presentata dall'autore stesso « con diffidenza » (1), e nessuno ha diritto di mostrarsi meno esigente di quell'illustre geometra. Infatti le sue

(1) *Esposizione del sistema del mondo*, pag. 450.

congetture non ispiegano la forma ellittica delle orbite planetarie e l'inclinazione del loro asse, nè possono reggere davanti al fatto del movimento retrogrado dei satelliti di Urano e Nettuno, il che lascia supporre che anche la rotazione di questi pianeti abbia luogo nel medesimo senso. Oltre a ciò i due satelliti di Marte girano intorno al sole più rapidamente del loro pianeta, il che è pure contrario all'ipotesi del Laplace (1). Le nebulose formate di gas luminosi, che sembrano fornire una forte argomentazione in favore dell'ipotesi, ci appaiono in forme di turbini e di gruppi sotto le figure più bizzarre; molte tra di loro sono variabili, e il telescopio ce le mostra successivamente sotto aspetti molto diversi. Finalmente la scoperta dell'analisi spettrale, che è titolo imperituro di gloria per Kirchhoff e Bunsen, mostra che la composizione chimica del sole non è assolutamente identica a quella dei pianeti del suo sistema, poichè il sole non contiene ne' suoi strati esterni tutti i corpi semplici che trovansi sulla terra (2); inoltre esiste nel sole un corpo indicato dallo spettro mediante una riga speciale, e detto *helium*, che non si riscontra in nessuna fiamma d'origine terrestre (3). La celebre e seducente ipotesi del Laplace non basta dunque a render conto dei fenomeni osservati. La mente umana, avida di certezza, si lascia facilmente trascinare a scambiare le congetture per altrettante verità assolute; ma il saper dubitare è una delle principali doti dello scienziato. Quando chi ricerca non è sicuro d'aver trovato il vero, abbia il coraggio di confessare la sua ignoranza, e di fermarsi arditamente sulla soglia dell'ignoto!

137. « Un'altra ipotesi si rannoda all'ingegnosa teoria del Laplace, formandone quasi la continuazione; essa risguarda la formazione della crosta planetaria. Secondo questa ipotesi, l'anello gasoso, dopo che si fu condensato in forma di globo, non a-

---

(1) Faye, Accademia delle Scienze, seduta del 15 marzo 1880.
(2) A. Guillemin, *Ciel*, 5ª ediz. pag. 133.
(3) La recentissima scoperta dell'*helium* tra i corpi componenti l'aria atmosferica, toglie ogni valore a questa obiezione.

vrebbe cessato di contrarsi per la continua radiazione del calorico. Diventata liquida a cagione del graduale raffreddamento delle sue molecole, l'intera massa si sarebbe cambiata in un mare di lave turbinante nello spazio; ma anche questo stato non sarebbe durato che per un certo periodo. Dopo un numero indefinito di secoli, la perdita del calorico sarebbe stata abbastanza forte per determinare la formazione di una leggiera scoria, che a guisa di uno straterello di ghiaccio avrebbe ricoperto, rivestito quel mare di fuoco, incominciando forse da uno di quei poli, in cui il freddo dà origine adesso ai banchi e alle montagne di ghiaccio. A questa prima scoria ne sarebbe succeduta un'altra, poi altre ancora; le quali, galleggiando sopra le lave, si sarebbero unite a formare un continente, e finalmente avrebbero rivestito d'una crosta continua tutta la superficie del pianeta. Un sottile involucro solido avrebbe così imprigionato l'immenso mare incandescente.

« Secondo la teoria universalmente ammessa, sebbene puramente ipotetica, questa crosta sarebbe di recentissima formazione, e il suo spessore sarebbe molto minore di quello dell'atmosfera, poichè, secondo i calcoli più comuni, il calore terrestre sarebbe abbastanza forte per fondere il granito a 35 o 40, o al massimo a 50 chilometri di profondità (1). Paragonata questa profondità al diametro della terra che è 250 volte più grande, la crosta terrestre sarebbe una sottile pellicola, come a dire un foglio di cartone di 2 millimetri di spessore che rivestisse una sfera liquida del diametro di un metro. Nell'interno della terra il liquido consterebbe di un mare di lave e di roccie fuse, con le sue correnti, marce e fors'anco tempeste, come l'oceano d'acqua. Le rivoluzioni geologiche del globo altro non sarebbero che il contraccolpo delle ondulazioni sotterranee di questa specie d'inferno a noi invisibile, le montagne di porfido, di diorite, di ofite, sarebbero gli scogli di questo oceano di fuoco, e i giganti posti sulle rive dei mari, l'Etna, il picco di Teyde, il Mauna Loa, farebbero, colle loro eruzioni e le loro lave, te-

(1) HUMBOLDT, *Cosmos;* STUDER, *Physikalische Geographie*, vol. II, pagina 37 seg.

stimonianza delle procelle che muggono sotto la crosta terrestre. Questa è l'ipotesi che, dai tempi del suo primo autore, il celebre filosofo Empedocle (1), è stata preferita dagli scienziati.

« L'argomento principale che adducono coloro, i quali considerano l'esistenza del fuoco centrale come un fatto dimostrato, si è che negli strati della terra esplorati dai minatori, il calore va sempre crescendo a misura che cresce la profondità. Scendendo al fondo di un pozzo di miniera si attraversano costantemente delle zone di temperatura sempre più alta: soltanto che il modulo della progressione varia, nei pozzi di miniera, secondo la circolazione dell'aria e delle acque e secondo la qualità delle roccie, nelle quali sono scavate le gallerie. Il calore cresce più rapidamente negli schisti che nel granito, nelle vene dei metalli più che negli schisti, nei filoni di rame più che nello stagno, e nei giacimenti di carbon fossile più che negli strati metallici (2). Nel Württemberg, dentro il pozzo artesiano di Neuffen, la temperatura cresce di un grado centigrado ad ogni intervallo di metri 10,5. In una miniera di Monte Masi, in Toscana, vicino alle sorgenti boraciche, l'aumento del calore è di un grado ogni 13 metri. Quasi dappertutto la progressione è meno forte; la media dell'intervallo che, in questo grande termometro terrestre, corrisponde ad un grado di calore, è da 25 a 30 metri. Nelle miniere della Sassonia, l'aumento sarebbe, secondo il Reich, di 1 grado ogni 42 metri; in Inghilterra, nelle miniere di carbone, il Lupton ha trovato, per l'equidistanza dei gradi di temperatura, 32 metri. Nel mezzo del tunnel di Modane, il luogo più profondo che l'uomo abbia scavato sotto la superficie terrestre, poichè la massa delle roccie sovrastanti non misura meno di 1600 metri d'altezza, la temperatura della roccia è solamente di 27 centigradi, cioè l'aumento di calore dalla cima del colle al tunnel non supera un grado per ogni 60 (3) o fors'anco 73 metri;

---

(1) Giorgio Perrot, *Revue des deux mondes*, 15 dicembre 1870.

(2) Fox, Gilbert, Reich von Dechen, citati dal Bischoff nella sua *Wärmelehre*.

(3) Ansted e King, *Ausland*, n.° 43, 1870.

ma indubbiamente le condizioni naturali della roccia sono state completamente alterate dall'escavazione della galleria. La miniera coltivata più profonda che esista è quella di Pribram in Boemia, con una profondità di mille metri, e negli strati inferiori il calore delle roccie, che è di 23 a 24 gradi, non cresce che di un centesimo di grado per metro (1). In un pozzo scavato a San Luigi nel Missouri (1172 metri), la temperatura più elevata trovasi a 922 metri di profondità. Più in basso, il calore diminuisce leggermente, sebbene dovrebbe aumentare per effetto della sola pressione dell'acqua. Ma si è poi certi che questo esperimento sia stato fatto in condizioni tali da potersene interamente fidare? (2). La terra non è ancora stata esplorata a grande profondità. Le escavazioni più notevoli sono di poco superiori a un chilometro; il sondaggio più profondo, quello di Sperenberg in Prussia, arriva a 1700 metri, cioè alla quattro millesima parte del raggio terrestre; sarebbe dunque più che temerario il voler giudicare dello stato di tutto l'interno del globo dalla temperatura degli strati superficiali, e l'affermare che la temperatura, crescendo in proporzione costante dalla superficie del suolo al centro della terra, vi si eleva a 200000 gradi, vale a dire al di là d'ogni limite della nostra imaginazione. Sarebbe come arguire dal raffreddamento graduale degli alti strati atmosferici che l'abbassamento di temperatura continua sino in mezzo agli spazii celesti, e che a mille chilometri dalla terra, il freddo è di 5000 gradi. La parte superficiale del globo, continuamente attraversata da correnti magnetiche, che si dirigono da un polo all'altro, e nella quale vanno elaborandosi tutti quei fenomeni della vita planetaria, che modificano senza posa l'altimetria e la forma dei continenti, è in condizioni al tutto speciali. Un fatto degno di moltissima considerazione si è che il feldspato, minerale di tanta importanza nella composizione delle roccie, offrirebbe fenomeni ottici al tutto diversi dagli attuali, se fosse stato sottoposto ad una temperatura superiore ai 600 gradi. Non è stato quindi necessario un forte

(1) Franz Rzika, *Geographische Gesellschaft zu Wien*, 1875.
(2) *Commission of underground temperature*, 1870, Belfast.

calore per formare le roccie feldspatiche, porfiriche o granitiche, che un tempo si supponeva fossero sgorgate come un fiume di fuoco dall'immensa fornace interna (1).

Il trasformismo e l'evoluzione.

138. Tutti conoscono la storia dell'ipotesi trasformista. Le dottrine filosofiche e anche metafisiche, a cui essa ha dato origine, sono al presente in voga; e questa è la ragione principale, per cui crediamo necessario di esporre tanto le une che le altre per evitare una confusione molto comune e molto pregiudizievole alla filosofia delle scienze.

A voler giudicare delle cose mediante la sola esperienza, vi sono nel mondo parecchie specie animali e vegetali che non possono durevolmente incrociarsi, e che non hanno tra loro intermediario alcuno, ma conservano ognuna il proprio tipo con notevole immutabilità: poichè tutti i disegni antichi di animali o di piante corrispondono perfettamente alle forme oggi esistenti; anzi, per quel che se ne dice, parecchi granelli di frumento trovati nelle tombe egizie e seminati, hanno dato origine a piante al tutto simili a quelle che ora si raccolgono in Egitto. E anche nelle flore e nelle faune fossili, noi vediamo dei tipi distinti varianti bruscamente l'un dall'altro, e tra i quali l'osservazione non ci fornisce nessun passaggio.

Questo fatto non soddisfa certamente la nostra ragione. Tuttavia gli antichi, attenendosi strettamente ai fatti, malgrado la grande libertà che si permettevano in metafisica, ammisero generalmente che la natura o Dio hanno creato un certo numero di tipi

(1) Elisèo Reclus, *La Terre*, I, 16-26.

specifici e li mantengono indefinitamente. Questa creazione è formalmente insegnata nella Bibbia, e confermata dal racconto dell'arca di Noè; e anche quei filosofi antichi, che passano attualmente per seguaci del trasformismo, dicevano soltanto che nelle prime età del mondo la terra aveva generato una quantità d'animali d'ogni forma, tra i quali soltanto quelli che erano ben costituiti hanno potuto riprodurre e « propagare la propria specie », il che suppone bensì l'esistenza di tipi o di specie stabili e determinate, ma non la spiega in modo alcuno. (1)

139. Il Buffon ebbe per il primo l'audacia di contraddire ai fatti osservati sostenendo che forse le specie, che ora non variano più, variarono nel passato, e che in questo modo quelle che più si somigliano possono derivare da un comune stipite, modificate da cause accidentali di ambiente, di nutrizione, di clima, e qualche volta di addomesticazione.

Era questa un'ipotesi molto seducente, per quanto ardita. Essa fu ripresa e sviluppata dal Lamarck, e Darwin ne fu il grande divulgatore. Il suo libro « *L'origine delle specie* » era l'opera d'uno scienziato erudito e coscienzioso, severo con sè stesso quanto e più ancora che con gli altri, e che alla propria tesi

---

(1) Hoc ubi quaeque loci regio opportuna dabatur,
Crescebant uteri terram radicibus apti....
Quare etiam atque etiam maternum nomen adepta
Terra tenet merito, quoniam genus ipsa creavit
Humanum atque animal prope certo tempore fudit
Omne, quod in magnis bacchatur montibus passim,
Aëriasque simul volucres variantibus formis.
Sed quia finem aliquam pariendi debet habere,
Destitit ut mulier spatio defessa vetusto.

LUCREZIO, de rer. nat., V, 804-824.

non cessava di contrapporre obiezioni d'ogni maniera. Ma intanto che gli scienziati la studiavano riservando ogni giudizio, i polemisti la convertirono in un ordigno di guerra contro la religione, al che l'opera stessa andò debitrice della sua grande popolarità. Per convincersi di questo, bisogna leggere la prefazione entusiastica e sopratutto accanita contro il cristianesimo, che un discepolo del Darwin ha premesso alla sua traduzione francese dell'*Origine delle specie;* ad onta delle timide riserve del Darwin, la Bibbia ne ha ricevuto un colpo mortale. (1) — È sempre una disgrazia che la scienza possa essere adoperata come un'arma pro o contro la religione. Alcuni gridarono allo scandalo e non vollero sentir parlare della teoria Darwiniana; altri trionfarono temerariamente come se avessero scoperto il segreto della vita. Il maestro s'era mostrato più savio. Egli non pretende spiegare l'origine del primo animale, padre di tante diverse famiglie, ma crede che « tutti gli animali e tutte le piante derivino da quattro o cinque tipi primitivi »; fors'anco da un solo, se si vuole, sebbene questo sia uno spingersi troppo nel campo delle ipotesi (2); ma si guarda bene dall'entrare nell'oscurissima questione delle generazioni spontanee. Il Darwin non si occupa dell'origine degli esseri viventi, ma solamente dell'origine delle specie, vale a

---

(1) « Inutilmente il Darwin protesta che il suo sistema non è punto contrario all'idea di Dio; la sua teoria, sebbene possa essere religiosissima, è tuttavia di sua natura e irremissibilmente eretica... Confesserò persino che, dal mio punto di vista, e partendo da una disposizione di mente più speculativa che empirica, il Darwin non mi sembra abbastanza coraggioso. È forse per prudenza che egli non si spinge sino al fondo del suo sistema, e interrompe la catena delle sue conseguenze? » (C. A. Royer, prefaz. alla traduz. franc. dell'*Origine delle specie*).

(2) *Origine delle specie*, cap. XIV, § IV.

dire dell'origine delle loro differenze, e quando la concatenazione naturale delle idee lo conduce ad andar oltre, ammette semplicemente con la tradizione che la vita è stata creata da Dio come ogni altra energia che esiste nell'universo (1).

Riassumendo, il trasformismo non è se non l'ipotesi della mutabilità dei tipi animali e vegetali sotto l'influenza delle circostanze, dell'ambiente, dell'eredità, e del loro perfezionamento mediante la selezione naturale, cioè mediante la sopravvivenza degli esseri meglio organizzati. « Siccome il numero degli individui che nascono è molto maggiore di quanti ne posson vivere, e siccome questi individui lottano continuamente tra di loro per procacciarsi i mezzi dell'esistenza, ne segue che, se qualche essere varia, per quanto leggermente, in modo che la variazione gli riesca personalmente vantaggiosa in mezzo alle complicate e spesso instabili condizioni della vita, esso avrà ogni probabilità di sopravvivere agli altri e diverrà così un individuo scelto *(selected)*. Inoltre, le potenti leggi dell'eredità faranno in modo che ogni varietà selezionata avrà tendenza a perpetuare la sua forma colla nuova modificazione... Sono pertanto convinto che le specie non sono immutabili, ma che tutte quelle che appartengono a quello che si chiama lo stesso genere, sono la posterità diretta di qualche altra specie quasi sempre estinta, a quello stesso modo che le varietà ammesse di una specie qualunque discendono in linea retta da essa specie. Finalmente son d'opinione che il modo principale, ma non esclusivo, in cui avvengono le loro modificazioni successive, consista nella *selezione* naturale » (2).

---

(1) *Origine delle specie*, cap. XIV, § V e VI.
(2) *Ibid.*, Introduzione, pag. 21 e 23.

140. Dal trasformismo nacque il sistema dell'evoluzione. La differenza che passa tra l'uno e l'altro consiste in questo, che il trasformismo si ferma alla spiegazione delle forme animali o vegetali d'un tipo determinato, sia esso vicino o lontano, semplice o complesso. Insomma, il trasformismo rispetta il principio aristotelico Ἀνάγκη στῆναι, così ben chiosato dal Pascal nel suo *Spirito geometrico* [59], mentre l'evoluzionismo accampa la pretesa di essere una spiegazione *totale* dell'universo, ed è una specie di sistema mondiale offerto alla nostra fede, più che un'ipotesi sottoposta alla nostra critica.

« La storia completa d'una cosa deve pigliarla al punto, in cui la cosa esce dall'impercettibile, e condurla al punto, in cui nell'impercettibile rientra. Sia che si tratti di un solo oggetto o di tutto l'universo, una spiegazione che lo prende in una forma concreta e lo lascia pure in forma concreta, è incompleta, perchè lascia senza storia e senza spiegazione un periodo conoscibile della sua esistenza....

« Questa cognizione generale, che gli uomini acquistano circa il passato e l'avvenire delle cose che ne circondano, è stata allargata e non cessa di esserlo dalla scienza. Alla biografia dell'uomo preso come individuo, essa aggiunge una biografia intra-uterina, che lo prende allo stato di germe microscopico, e va dietro ai cambiamenti che avvengono in lui finchè il suo corpo è ridotto ai prodotti gasosi della decomposizione. Essa non si ferma alla pelle del montone nè al bozzolo del baco da seta, ma riconosce nella lana e nella seta delle materie azotate che il montone e il baco hanno tolto dai vegetali. Essa collega la sostanza, di cui son composte le foglie, a quella di cui son fatte le nostre mobiglie, ai gas e ai minerali, che i vegetali assimilano dall'aria e dal suolo. Essa ricerca l'origine degli strati d'onde furono cavate le pietre con cui son costrutte le nostre case, e scopre che questi strati erano un tempo un sedimento molle deposto in un estuario o giacente in fondo al mare.

« Se adunque il passato e il futuro di ciascun oggetto costituisce una sfera di cognizione possibile, e se il progresso intellettuale consiste in gran parte, se non principalmente, nell'estendere il nostro patrimonio intellettuale nei dominii del passato e dell'avvenire, egli è evidente che noi non avremo acquistata tutta la conoscenza, di cui è capace la nostra intelligenza, finchè non avremo, in un modo o in un altro, espresso *tutto il passato e tutto l'avvenire* di ciascun oggetto e del complesso degli oggetti » (1).

Questa spiegazione totale dell'universo ci è offerta dall'*evoluzione*. Nella lingua usuale questo termine ha un senso assai vago: esso si applica a qualunque cambiamento, purchè non sia nè repentino nè violento: le piante, gli animali, le società evolvono; le tradizioni, le mode, le arti, le scienze evolvono anch'esse; e l'« evoluzione dei generi » è un tema frequente nella critica moderna. Ma lo Spencer, almeno in sul principio, l'ha inteso in modo più preciso: « L'evoluzione è un'integrazione di materia accompagnata da una dispersione di movimento, durante la quale la materia passa da una omogeneità indefinita e incoerente ad una eterogeneità definita e coerente, e durante la quale anche il movimento, che è stato conservato, subisce una trasformazione analoga » (2). In principio era la nebulosa, che rappresenta il massimo dell'indeterminatezza e dell'omo-

(1) Herbert Spencer, *I primi principii*, II, cap. XII.

(2) Herbert Spencer, *I primi principii*, parte II, cap. XVII. — Questa formola, con cui finisce il capitolo, e che riassume tutti i precedenti, esige qualche spiegazione. L'*integrazione* è la concentrazione o la condensazione della materia. La *dispersione* del moto non è la sua distruzione, ma la sua uscita dalla materia in questione per diventare al di fuori o radiazione o movimento di traslazione del tutto. Così un pezzo di ferro incandescente, che si raffredda, si contrae, emettendo intorno a sè, sotto forma di luce e di calore, il movimento molecolare che esso conteneva.

geneità. Poi la nebulosa si è concentrata; si son formate delle parti distinte; i pianeti si sono separati dal sole e hanno dato origine ai proprii satelliti: prima evoluzione. Sul piccolo globo della terra si sono separate le parti umide dalle secche, il mare ha occupato le bassure, le montagne si sono elevate sui continenti, l'atmosfera ha circondato ogni cosa d'uno strato di gas respirabili: seconda evoluzione. Sulle spiaggie si son formate delle masse viventi, le quali, sottoposte a svariate influenze, si sono differenziate, dando origine alle specie multiple degli animali e delle piante. La selezione naturale ha fatto sopravvivere le migliori, vale a dire le più resistenti e meglio adatte alla vita, che dovevano condurre. La eredità ha mantenuto la fissità dei tipi così prodotti e delle modificazioni così acquistate. In questo modo si compì la terza fase dell'evoluzione, che ha ricoperta la terra delle faune e delle flore preistoriche, poi delle attuali.

141. Tale è la legge essenziale dei mutamenti nel mondo fisico; essa non è diversa anche nel mondo morale: solo che in questo caso bisogna intenderla metaforicamente, perchè nelle idee non vi è più nè materia nè massa nè traslazione nè movimento molecolare.

Il pensiero è l'opera della natura, realtà fondamentale, da cui ogni cosa deriva. È il pensiero che produce senza posa nell'organismo umano delle scosse nervose inesplicabilmente avvertite dall'anima, e che sono l'elemento unico ed omogeneo, che differenziandosi darà origine poco a poco a tutte le nostre sensazioni, facoltà e principii. Mediante un'esperienza, i cui primordii si perdono nelle epoche geologiche,

ma gli effetti della quale furono conservati dalla selezione e dall'eredità, l'anima finisce per riprodurre nel suo interno le leggi di quella natura, che l'ha formata. In sè stessa, essa non era niente, non avendo nessuna determinazione propria, nessuna natura, nessuna legge. Essa era disposta a ricevere indifferentemente ogni forma ed ogni impronta: era una pagina bianca, dove nulla si leggeva. Tuttavia essa esisteva, poichè la natura potè fecondare il suo incomprensibile nulla. A forza di reiterate esperienze, noi abbiamo imparato che il contrario del vero è falso, che i movimenti si succedono nel tempo e coesistono nello spazio, che ogni qualità appartiene a qualche sostanza, e che nulla accade che non abbia una causa; e tutte queste proposizioni, scolpite nel vuoto del nostro pensiero dalla forza regolare e superiore dell'ambiente, in mezzo al quale esistiamo, ci sono finalmente sembrate, malgrado la loro reale contingenza, altrettanti principii evidenti e rigorosi basati sopra leggi necessarie del pensiero e regolatori *a priori* di tutta la nostra scienza.

Quella natura creatrice, che ha prodotto la ragione dell'uomo, ha procreato anche la sua virtù. La morale non è se non un caso particolare della *condotta universale.* Infatti l'essere vivente, qualunque egli sia, non cerca e non deve cercare che il piacere: « Non è possibile negare che ciò che è buono si confonde universalmente con ciò che procura piacere » (1). Ma l'uomo è così costituito, che egli deve vivere in società; siffatta condizione fa sì che egli abbia bisogno degli altri, e lo costringe, per conseguenza, a prendersi pensiero di loro. Questa è l'ori-

(1) HERBERT SPENCER, *Le basi della morale evoluzionista*, Cap. III.

gine dei sentimenti altruisti, antica abitudine ereditaria, che abbiamo finito per interpretare come un ordine superiore, come un imperativo categorico e assoluto. Ma anche questa illusione serve a poco; ancorchè non l'avessimo, il mondo continuerebbe la sua strada: esso è così perfettamente ordinato, che mediante la sola combinazione della lotta per l'esistenza e della selezione naturale, l'egoismo resta pur sempre la gran molla che rende migliore l'umanità. Cerchi pure ognuno il proprio beninteso interesse, e procuri di essere il più forte: attraverso alle violenze delle guerre e ai dolori ancor più atroci che produce la concorrenza industriale, che è una guerra di tutti i momenti, il bene deve fatalmente uscire dal male, e il meglio dal bene. « Il progresso è una necessità benefica » (1).

142. Se noi abbiamo esposto tutto questo sistema filosofico, popolarissimo ai giorni nostri, ma che potrebbe sembrare fuor di posto in un'opera sulla filosofia delle scienze, l'abbiam fatto solamente per mostrare quanto esso differisca dalla sapiente e metodica ipotesi del Darwin, con la quale troppo spesso vien confuso. Quantunque in esso si trovino delle grandi verità — e qual'è quel sistema dove non ve ne siano? — è impossibile ammettere che esso contenga le conclusioni del sapere moderno. In paragone della critica severa che i maestri della scienza esercitano sulle loro proprie idee, quando oltrepassano i limiti del ragionamento rigoroso o dell'esperimento esatto, questa audacia d'imaginazione e questo monumento di congetture perdono prestigio. Ammettiamo pure

(1) Herbert Spencer, *Saggio sul progresso.*

che la costruzione sia grandiosa, come spesso si dice; bisogna pur sempre riconoscere che essa colpisce non tanto per la profondità dei concetti quanto per l'immensità dei tempi e degli spazii che ci distende davanti. Essa ci abbaglia facendo risalire la necessità delle spiegazioni ad un passato così immensamente lontano, che noi non ci sentiamo più il coraggio di tenerle dietro, e nello stesso tempo essa distrugge ogni certezza assoluta e rigorosa riducendo la ragione all'empirismo. E se noi qui ci occupassimo della filosofia morale, e non di quella delle scienze, forse avremmo obiezioni non meno gravi da contrapporre al modo, in cui gli evoluzionisti intendono i concetti di bene e di dovere.

Ma egli è tempo di ritornare ad un ordine di idee meno arrischiato e più metodico. In un ultimo capitolo, che formerà la conclusione della presente opera, tenteremo di far vedere come tutte le verità e tutti i metodi scientifici sono basati, in sostanza, sopra un certo numero di principii immutabili e rigorosi, che costituiscono le leggi stesse del pensiero, qualunque sia la sua origine, e che si chiamano l'umana ragione.

CAPITOLO VII.

LE SCIENZE E LA RAGIONE.

La ragione. — I principii razionali. — Principio d'identità. — Principio di sostanza: conservazione della massa. — Principio di causalità: conservazione dell'energia. — Il tempo e lo spazio. — Principii delle scienze morali: la ragion pratica. — Natura e limiti della spiegazione scientifica.

La ragione.

143. A meno che non si volesse negare l'esistenza del pensiero, del giudizio e del ragionamento, si è costretti ad ammettere che essi hanno le loro leggi: poichè tutto ciò che fosse assolutamente indeterminato, senza propria natura e non sottoposto a regola alcuna, sarebbe privo d'ogni realtà. Per conseguenza, in luogo di cavare dall'osservazione e dall'ipotesi delle generalizzazioni sempre vacillanti e dubbiose, vi è un'altra via che conduce all'unificazione del nostro sapere, astratta come le matematiche, ma non meno rigorosa; e questa consiste nel cercare nello stesso pensiero le leggi fondamentali che lo governano, e che perciò sono i principii assoluti, ai quali nulla si sottrae di ciò che possa essere conosciuto, almeno da una mente fatta come quella dell'uomo. Anzi, se noi consideriamo che un pensiero diverso per sua natura dal nostro, il quale non distinguesse il vero dal falso, identificasse i contrarii, o concepisse degli effetti senza cause, non conserverebbe nulla di ciò che noi chiamiamo « pensiero », abbiamo il diritto di

conchiudere che le leggi del nostro pensiero sono le leggi del pensiero in genere, e di non curarci troppo di questa pretesa intelligenza diversa dalla nostra, di cui non mette conto occuparsi.

Il complesso delle leggi del pensiero si chiama la *ragione*, e si dice comunemente che essa è innata o *a priori*. Ciò è vero, ma a condizione che lo si intenda bene. Le dette leggi non sono punto anteriori all'esperienza come la filigrana d'una carta non è anteriore alla carta stessa. Tuttavia la filigrana non proviene dalla pasta, che ha servito alla fabbricazione della carta: per poterla prevedere e sapere qual sarà la sua disposizione, bisogna guardare alla macchina, non alla materia lavorata. Il medesimo si può dire della nostra ragione. Prima d'aver pensato, noi non *sapevamo* che il vero è il contrario del falso; non *sapevamo* che ogni modificazione suppone un principio che la spiega. Ma tutto questo ci appare chiarissimo appena incominciamo a pensare, senza che sia necessario ripeter più volte l'osservazione, che dà origine a siffatti giudizii: essi son certi dal momento stesso, in cui si formano; anzi sono i soli assolutamente certi, poichè tutte le altre verità, quando non sono conseguenze dei nostri principii razionali, si riducono ad altrettante ipotesi più o meno verosimili.

144. Potrebbesi tuttavia sollevar qui l'obiezione degli scettici antichi: Siamo noi sicuri che le conseguenze logiche, alle quali noi giungiamo colla nostra mente, saranno sempre verificate dalla realtà? Non potrebbe darsi che un bel giorno, dopo di aver contato separatamente due mucchi di venti monete, il conto totale ci svelasse, malgrado l'aritmetica, un

aumento o una diminuzione inesplicabile? Non potrebbe darsi che un ingegnere, che ha costrutto un ponte dopo d'avere esperimentato, misurato, calcolato in modo irreprensibile la resistenza dei materiali, vedesse rovinare l'opera sua proprio al momento di inaugurarla? Evidentemente questo dubbio, una volta messo innanzi, non può essere confutato dalla logica. Ma di scettici così fatti non ne esistono. « La natura, dice il Pascal, li confuta invece del ragionamento, che non basta. » Se si facessero avanti, nessuno esiterebbe a scommettere contro di loro, a qualunque condizione, che cento lire resteranno cento lire, a meno che non v'intervenisse un gioco di bussolotti, e che un ponte ben costrutto non rovinerà senza causa. E supponendo pure che rovinasse, ciò non basterebbe a darci il torto. Noi affermeremmo allora senza esitare che vi deve essere stato o un errore nel calcolo o un difetto nel materiale, che è stato trascurato, e che ha prodotto lo sfacelo dell'edificio: tanta è la fiducia che noi abbiamo nell'applicazione della nostra ragione alle cose di questo mondo, e nella verità di questo grande principio: non vi sono fenomeni illogici. Si possono sempre negare verbalmente i principii d'una scienza qualunque senza correr rischio di esser confutati, poichè in sostanza ogni definizione parte da assiomi indimostrabili [59]; ma l'evidenza è superiore alla stessa dimostrazione. Gli Scolastici dicevano a ragione che non bisogna discutere *adversus negantem principia;* ecco il vero partito da prendere: non bisogna ragionare se non con le persone che credono alla ragione (1). Gli acrobatismi intellettuali non sono

(1) Qui non si tratta, ben inteso, che dell'uso immanente, nel mondo fenomenale, dei principii della ragione. La possibilità di usarli per conoscere le cose in sè, è tutt'altra questione.

forza, come l'arte degli equilibristi chinesi non è vigore fisico. Sotto pretesto di renderle pieghevoli, non bisogna slogarsi le articolazioni.

145. Notiamo d'altra parte che sarebbe impossibile confutare gli scettici per mezzo dell'esperienza: poichè l'esperienza stessa non è altro che una serie di fatti, indubbiamente certissimi, ma che non hanno in sè stessi nessuna garanzia per l'avvenire. Per cavarne un giudizio universale, per concludere da ciò che è avvenuto ieri a ciò che avverrà domani, bisogna fare un ragionamento, vale a dire appoggiarsi ai principii della ragione. Io osservo mille volte, nelle circostanze più diverse, che i corpi si attirano in ragion diretta delle loro masse: ho io il diritto di concludere che ciò avverrà ancora alla millesimaprima volta?

Se non abbiamo questo diritto, ogni scienza ne riman distrutta; ma in fatto, comunque si voglia interpretare l'operazione logica, mediante la quale noi estendiamo al futuro le osservazioni del passato, nessuno ne revoca in dubbio la validità.

Se abbiamo invece questo diritto, gli è perchè noi sappiamo che mille uniformità successive non possono essere opera del caso, ma provano l'esistenza d'una legge. Può tutto questo esserci stato insegnato dalla esperienza? No, perchè anche quando noi avessimo veduto per tutta la nostra vita il millesimo primo fenomeno avvenire come i mille antecedenti (quando nulla vi sia stato di irregolare), sorgerebbe sempre la medesima difficoltà logica: una tal cosa continuerà così indefinitamente? Si tratta di sapere se il passato garantisca l'avvenire, e si adducono come prove delle osservazioni che invocano l'autorità del passato per garantire il futuro: innegabilmente vi è circolo vi-

zioso. O si ammette una volta per sempre che i fenomeni sono governati da leggi fisse, e che ciò che è sempre stato, sarà sempre, e allora questo principio trascende l'esperienza; o, se noi lo rigettiamo per un'osservazione speciale, non possiam più invocarlo a sostegno dell'osservazione generale della regolarità dei fenomeni. — Così ogni filosofia empirica, che pretende fondare la ragione sull'esperienza, dà causa vinta allo scetticismo e sopprime il rigore e la certezza della scienza.

La ragione è dunque il nervo di tutte le scienze e l'unico fondamento solido, al quale noi possiamo appoggiarci per giudicare, e persino solamente per comprendere ciò che a noi si mostra. Le matematiche si basano sopra un complesso di principii *a priori*, l'evidenza dei quali non ha bisogno del controllo dei fatti e nemmeno è mai suscettibile di riceverlo interamente. Le scienze sperimentali fondano tutto il loro metodo sopra una verità concepita dalla nostra mente come certa, e molto più solida di tutte le prove e di tutti i controlli. I sensi non devono pigliare il sopravvento sull'intelligenza nè l'osservazione sulla logica. Una bella applicazione di questo principio potrebbe farsi nelle scienze morali, in cui gli Inglesi, sotto pretesto di usare del metodo sperimentale, si son messi a compilare delle storie di selvaggi, che hanno il non piccolo difetto, anche se autentiche, di poter essere da ciascuno interpretate alla sua maniera.

146. « Solamente i fatti sono reali, si usa dire, e ai fatti bisogna rimettersi interamente ed esclusivamente. « È un fatto, un fatto brutale, si sente ripetere spessissimo; non è il caso di ragionare; bisogna sottomettervisi. » Certo, io ammetto che i fatti sono le sole realtà che possano fornire la formola dell'idea

sperimentale e nello stesso tempo servirle da controllo; ma solamente a patto che la ragione li accetti. Io son d'avviso che la credenza cieca nel fatto, che pretende far tacere la ragione, sia altrettanto pericolosa per le scienze sperimentali quanto le credenze del sentimento o della fede, che anch'esse tendono a far tacere la ragione. Insomma, nel metodo sperimentale, come in ogni altra cosa, *il solo criterio reale è la ragione* (1).

« Un fatto per sè medesimo è nulla; tutto il suo valore consiste nell'idea che a lui si connette o nelle prove che da lui si traggono. Abbiam detto in altro luogo che, allorquando ad un fatto nuovo noi diamo il nome di *scoperta*, non è già il fatto nuovo quello che costituisce la scoperta, ma bensì l'idea nuova che ne deriva; anzi, anche quando si prova, non è il fatto stesso che fornisce la *prova*, ma solamente il rapporto razionale che il fatto stabilisce tra il fenomeno e la causa. Gli è in questo rapporto che consiste la verità scientifica e che noi vogliamo ora più precisamente determinare.

« Richiamiamoci in mente come abbiamo qualificato le verità matematiche e le verità sperimentali [87]. Le verità matematiche, una volta che si sono acquistate, sono, come abbiamo detto, verità coscienti e assolute, perchè le condizioni *ideali* della loro esistenza sono ugualmente coscienti e conosciute da noi in modo assoluto. Al contrario, le verità sperimentali sono incoscienti e relative, perchè le condizioni *reali* della loro esistenza sono incoscienti, e non possono essere da noi conosciute che in un modo relativo allo stato attuale della nostra scienza (2). Ma se le verità sperimentali, che servono di base ai nostri ragionamenti, sono talmente avvolte nella complessa realtà dei

---

(1) Queste parole sono in corsivo anche nell'originale.

(2) Definizione molto notevole dal punto di vista filosofico: poichè essa stabilisce nettamente una distinzione necessaria alla scienza senza pregiudicar nulla dal punto di vista metafisico. Il Leibnitz, che nega che l'uomo possa conoscere altra cosa tranne sè stesso, riconosce tuttavia che noi facciamo in noi stessi delle scoperte; e gli stessi idealisti assoluti, ammettendo che l'universo è creato dal pensiero, non possono negare che questa creazione avviene a nostra insaputa. Dunque obiettivo, dal punto di vista della cognizione, significa incosciente.

fenomeni naturali, che non ci appariscono se non frammentariamente, non ne segue però che queste verità non riposino sopra principii, che sono *assoluti*, perchè, come quelli delle verità matematiche, si rivolgono alla nostra coscienza e alla nostra ragione. Infatti il principio assoluto delle scienze sperimentali è un determinismo necessario e cosciente nelle condizioni dei fenomeni. Di maniera che, dato un fenomeno naturale, qualunque esso sia, un esperimentatore non potrà mai ammettere che vi sia una variazione nell'espressione di questo fenomeno senza che nello stesso tempo siano sopravvenute nella sua manifestazione delle condizioni nuove; inoltre egli ha la certezza che queste variazioni sono determinate da rapporti rigorosi e matematici. L'esperienza non fa che mostrarci la forma dei fenomeni; ma il rapporto di un fenomeno con una causa determinata è necessario e indipendente dall'esperienza, ed è necessariamente matematico e assoluto. Noi giungiamo così a capire che il principio del *criterium* delle scienze sperimentali è, in fondo, identico a quello delle scienze matematiche, poichè tanto nelle une che nelle altre questo principio è espresso da un rapporto di cose, necessario e assoluto. Solo che nelle scienze sperimentali questi rapporti sono circondati da moltissimi fenomeni complessi e variabili all'infinito, che li nascondono ai nostri occhi. Aiutandoci coll'esperienza, noi analizziamo e dissociamo questi fenomeni, allo scopo di ridurli a relazioni e condizioni sempre più semplici. Noi vogliamo in tal modo afferrare la forma della verità scientifica, vale a dire trovare quella legge, che ci darebbe la chiave di tutte le variazioni fenomeniche. Questa analisi sperimentale è il solo mezzo che noi possediamo per procedere alla ricerca della verità nelle scienze naturali, e il *determinismo assoluto* dei fenomeni, del quale noi abbiamo coscienza *a priori*, è il solo *criterio*, ossia il solo principio che ci diriga e ci sostenga. Malgrado i nostri sforzi, noi siamo ancora ben lontani da questa verità assoluta; ed è probabile, specialmente nelle scienze biologiche, che non ci sarà mai dato di scorgerla nella sua nudità. Ma questo non deve scoraggiarci, poichè noi ce le avviciniamo sempre più; e d'altra parte, mercè le nostre esperienze, noi afferriamo dei

rapporti tra i fenomeni, che, sebbene parziali e relativi, ci permettono di estendere sempre più il nostro potere sopra la natura.

« Da quanto precede si conclude che, se in un'esperienza un fenomeno si presentasse con un'apparenza talmente contraddittoria, che non si rannodasse in modo necessario a determinate condizioni d'esistenza, la ragione dovrebbe *respingere il fatto* come un fatto non scientifico. Allora bisognerebbe aspettare o ricercare mediante esperimenti diretti qual sia la cagione d'errore che ha potuto introdursi nell'osservazione. Bisognerebbe infatti che ci fosse stato errore o difetto d'osservazione: poichè l'ammettere un fatto senza causa, vale a dire indeterminabile nelle sue condizioni d'esistenza, non è nè più nè meno che negare la scienza. Di maniera che, in presenza d'un tal fatto, uno scienziato non deve mai esitare: egli deve credere alla scienza e dubitare de' suoi mezzi d'osservazione. Egli dovrà dunque perfezionare i proprii mezzi d'investigazione e cercar di uscire dall'oscurità coi proprii sforzi; ma non potrà mai nascergli l'idea di negare il *determinismo assoluto* dei fenomeni, perchè è precisamente il sentimento di questo determinismo che caratterizza il vero scienziato » (1).

147. Come procede infatti la ragione per farci *comprendere* le cose? Vi procede trovando ciò che esse hanno di comune, di regolare, o, in altri termini, esigendo che nell'universo tutto sia collegato, e che nulla accada, che non sia determinato da regole generali. La ragione può dunque esser definita: la facoltà di ricondurre tutte le cose all'unità. Questa riduzione del multiplo all'uno è la legge fondamentale del pensiero, o, per meglio dire, è il pensiero stesso: poichè se possiamo provare la sensazione senza

(1) Claudio Bernard, *Introduzione allo studio della medicina sperimentale*, I, 2. — G. B. Baillière Editore, 1865.

THIENE · BIBL

analizzarla e senza averne una coscienza riflessa, non si può pensare — o capire, il che è la medesima cosa — se non raccogliendo gli innumerevoli fenomeni dell'universo sotto certe leggi, e queste stesse leggi sotto altre meno numerose e più generali; e così via dicendo fino al limite ideale, ma forse impossibile a raggiungere, che consisterebbe nel poter dedurre tutto da un unico assioma.

148. Tre principii essenziali formano, per così dire, il codice della ragione nella sua applicazione alle scienze della natura; laonde si chiamano i principii direttori della cognizione o della ragione umana. Essi sono tre: il principio d'identità, il principio di sostanza, il principio di causalità.

Il principio d'identità enuncia che ciò che è, è, e che ciò che non è, non è; e che per conseguenza il contrario del vero è falso. Gli è perciò che siffatto principio si chiama anche principio di contraddizione. — Potrebbe ad alcuno sembrare che questo principio enunci una cosa troppo evidente, e che quindi sia perfettamente inutile. Per distruggere questa obiezione basterà considerare che nella formola: « Ciò che è, è », o, più semplicemente, $A = A$, il primo termine non è assolutamente identico al secondo. Se lo fosse, non vi sarebbe modo da poterlo distinguere. Esso ne diversifica almeno per una diversa posizione nel tempo, e la formola vuol dire in sostanza: « Ciò che era vero quando ho incominciato il mio ragionamento, lo è ancora adesso che vengo alla conclusione. » Se due più due hanno fatto quattro testè, lo fanno ancora adesso; se è vero che io sono nato il tal giorno, mese ed anno, questo resterebbe vero ancorchè il mondo rovinasse, e tutta l'eternità

potrebbe trascorrere senza alterarne la verità. Per enunziare il principio di identità e di contraddizione sotto una forma veramente istruttiva ed utile, bisognerebbe dire: *C'è un vero e un falso*, non già fluttuante e variabile, ma costante e saldo. Gli è su questo che noi ci fondiamo per cercare la verità e per concludere legittimamente dai principii alle loro conseguenze, dalle leggi alla loro applicazione.

149. Il principio di sostanza dice che ogni qualità appartiene ad una sostanza, vale a dire che in tutti i colori, le forme, gli stati che può assumere una data materia, persiste qualche cosa d'immutabile, della quale possiam dire che è sempre la stessa. « Nulla si perde e nulla si crea » dicevano gli antichi molto prima che a questo proposito si fossero eseguite esperienze e misurazioni: *E nihilo nihil, in nihilum nil posse reverti* (1). E il concepire la quantità della materia come invariabile, fintantochè non se ne aggiunge o non se ne toglie, è una necessità della nostra mente, perchè il mutamento non si può riferire se non a qualche cosa d'invariabile. Come si potrebbe dire che un corpo è aumentato o diminuito di volume, se il corpo non restasse il medesimo e se non avessimo modo di concepire e di valutare questa identità? — Ma se si è sempre saputo che nella materia c'è qualche cosa d'invariabile, poichè senza questo ogni trasformazione sarebbe inintelligibile, non è che da poco tempo che questo *substratum* solido, che ci serve di termine di confronto, è stato rappresentato mediante una formola. Esso è costituito dalla *massa*, vale a dire dal quoziente di

(1) Dal nulla, nulla si trae; nulla può essere annientato.

ogni forza che s'applica al corpo divisa per l'accelerazione che essa gli imprime. Questa quantità $m = \frac{f}{g}$ è costante. La manifestazione di questa legge più facile a comprendere è naturalmente l'immutabilità del peso di un corpo in uno stesso punto della superficie del globo. Un'altra bellissima applicazione è il principio di Lavoisier: « In ogni reazion chimica la massa dei composti è uguale alla somma della massa dei componenti. »

150. Finalmente, il principio di causalità enuncia che ogni fenomeno ha la sua causa e il suo effetto. È questo il principio più difficile da interpretare esattamente, perchè i termini « causa » ed « effetto » sono alquanto vaghi; un'illusione, che ha origine dal parlar comune, ci spinge a credere che in natura vi sieno degli effetti e delle cause separate, ben distinti gli uni dalle altre, come vi sono delle generazioni successive nelle famiglie umane. Ma basta riflettere un poco per accorgersi che la cosa è ben diversa. I fenomeni si combinano tra di loro e si fondono l'uno nell'altro così intimamente, che non si possono separare, se non convenzionalmente e per comodità del parlare. Supponiamo una palla da cannone, che va a colpire una corazza; la palla diviene incandescente. Quale è la causa di questo fenomeno? Evidentemente il movimento anteriore della palla. Ma che cosa dovremo noi intendere per movimento anteriore? Forse l'intera traiettoria? Questo non è necessario. Il principio della traiettoria ha poca importanza; esso non comunica col fenomeno, di cui ci occupiamo, che in un modo, per dir così, indiretto. Il riscaldamento della palla non dipende, poichè la sua massa

non cambia, se non dalla velocità, da cui è animata durante gli ultimi momenti della sua traiettoria. La vera causa non può essere che l'antecedente immediato. Consisterebbe essa dunque nella seconda metà della traiettoria? Ma, suddividendo questa seconda metà, si potrebbe ripetere il medesimo ragionamento: sarà l'ultimo minuto, l'ultimo secondo, l'ultimo decimo di secondo? E non essendovi ragione alcuna per fermarsi in questa suddivisione, noi ci troviamo di fronte all'infinitamente piccolo, e la causa, che cerchiamo, vi si smarrisce. — Se la conseguenza, che da ciò si potrebbe cavare, ci fa paura, possiamo ricorrere ad un'altra ipotesi. Diremo allora che la causa del fenomeno è la traiettoria tutta quanta. Ma noi ci troviamo alle prese colle medesime difficoltà, che ci si presentano in senso inverso. Così ragionando, anche la deflagrazione della polvere farebbe parte della causa, e, oltre a questa, il movimento dell'artigliere, che ha fatto esplodere il colpo, e il comando dell'ufficiale, e il fatto d'aver trasportato in quel luogo il pezzo, l'affusto e il proiettile; e così via dicendo. Non è possibile fermarsi nella regressione continua, che ci fa risalire per la serie illimitata degli antecedenti; se la causa non è nell'infinitamente piccolo, sarà nell'infinitamente grande, dove si smarrirà ancor più sicuramente.

La causalità non è dunque un salto da un fenomeno ad un altro fenomeno, ma la trasformazione d'uno stato in un altro stato. Il riscaldamento della palla da cannone consiste in questo, che ciascun atomo continua sotto forma molecolare il movimento incominciato sotto forma di traslazione. La curva descritta da un atomo in un minuto secondo e quella che esso descrive nel secondo successivo non sono separate;

esse sono di seguito l'una all'altra senza interruzione alcuna. E la cosa non è mai altrimenti. Consideriamo una palla d'avorio, che si muove sul piano d'un bigliardo, e notiamone tre successive posizioni: *A*, *B*, *C*. Il movimento da *A* in *B* potrebbe chiamarsi un fenomeno, e il movimento da *B* in *C* un altro fenomeno. Così ragionando, *AB* verrebbe ad essere la causa di *BC*. Ma ognuno vede che una tal divisione è puramente artificiale, fatta per la comodità dell'esprimersi, e senza fondamento nella natura delle cose da essa rappresentate. Spostiamo il punto *B*, e i nostri fenomeni cambiano, sebbene non vi sia nulla di cambiato in ciò che noi esprimiamo. Suddividiamo *AB* e *CD:* ecco quattro fenomeni in luogo di due, di cui ciascuno è causa ed effetto; e tuttavia la realtà dei fatti rimane sempre la stessa. Nella natura non vi è dunque nessun salto da un fenomeno ad un altro fenomeno, ma vi è trasformazione di un movimento in un altro movimento, di uno stato in uno stato differente, senza che il minimo distacco venga ad interrompere questa continuità. È questa la più importante, e per avventura la più giusta applicazione del principio di Leibnitz, di cui spesso si è tanto abusato: *In natura non datur saltus.*

Ma non si può dire che vi sia *trasformazione* di un fenomeno in un altro fenomeno, se non vi è qualche cosa di identico, che ne costituisca il legame. Diversamente, che cosa potrebbero aver di comune i due fenomeni, e perchè il secondo fenomeno dovrebbe, piuttosto che qualunque altro fatto concomitante, essere l'effetto del primo? Un qualche cosa di determinato passa dunque dall'uno all'altro. Il legame tra la causa e l'effetto consisterebbe dunque nell'identità della

materia? L'esperienza risponde negativamente: il colpo di un martello produce un riscaldamento dell'incudine senza che per questo alcuna parte della materia del martello entri nell'incudine; il peso di una molla, che ha servito a scagliare una palla, rimane l'identico di prima. Ciò che è passato dall'uno all'altro di questi oggetti non è dunque alcuna particella di materia, e noi potremo per conseguenza chiamarlo *azione*. Il principio di causalità va dunque interpretato in questo senso, che nei fenomeni, che noi chiamiamo causa ed effetto, vi è una certa quantità d'azione identica ed invariabile, e che il legame tra la causa e l'effetto è costituito appunto dal passaggio dall'una all'altro di questa quantità d'azione.

Logicamente parlando, noi vediamo dunque che, se consideriamo un sistema di parecchi corpi capaci di scambiare tra di loro delle forze e dei movimenti, ma senza esercitare nè subire alcun effetto esterno, una determinata quantità, diversa dalla massa, e che noi per definizione abbiamo chiamata la quantità d'azione, vi resterà sempre invariabile: infatti ciascuno degli stati successivi di questo sistema sarà soltanto l'effetto degli stati precedenti, e, per ipotesi, non potrà nè prender nulla dal di fuori nè comunicarne all'esterno. Vediamo altresì che, se il sistema, di cui si tratta, producesse un effetto esteriore, e si potesse misurare la quantità di azione spesa in questo effetto, la quantità d'azione che rimarrebbe nel sistema dovrà scemare di tanto, di quanto ne occorre per l'effetto esteriore. Da ciò possiamo concludere che la quantità d'azione totale d'un sistema è uguale a quella che esso potrebbe fornire al di fuori, dato che se ne traesse tutto il lavoro, che esso può teoricamente produrre.

151. Se non che, materialmente parlando, la difficoltà consiste nel sapere quale sia la formola matematica, che rappresenta ciò, a cui noi abbiamo dato il nome puramente formale di quantità d'azione, e che i moderni matematici chiamano *energia*. Appena si esamina il principio di causalità, s'affaccia questo problema, poichè, sapendo che una certa quantità dev'essere costante, non si può dispensarsi dal tentare di determinarne la formola precisa. Il primo che ci si è provato, è stato Cartesio, e parecchie considerazioni lo hanno condotto a credere che questa quantità debba equivalere alla somma aritmetica dei prodotti delle masse per le velocità di tutti gli elementi del sistema. Ma questa prima soluzione era sbagliata; la detta somma, che d'ordinario si chiama *la quantità di movimento*, non è realmente costante in tutti i casi.

Secondo il Leibnitz, due cose sono costanti: 1.° la somma delle forze vive o prodotti delle masse per i quadrati delle velocità per tutti i punti del sistema, ossia Σmv^2; 2.° la quantità d'avanzamento secondo una direzione qualunque, vale a dire la somma algebrica dei prodotti della massa di ciascun punto per la proiezione della sua velocità sulla direzione che si considera. Se dunque noi rappresentiamo con v' la proiezione di ciascuna velocità su questa direzione e con K, k indichiamo delle quantità costanti, avremo, a rappresentare il principio di causalità, le due seguenti equazioni:

$$\Sigma mv^2 = \mathrm{K} \qquad \Sigma mv' = k.$$

Questa doppia formola aveva il grande vantaggio di tener conto, per le proiezioni, dei cangiamenti di direzione nelle velocità, cangiamenti che Cartesio

trascurava, e di cui tuttavia si deve tener conto nel calcolo delle azioni interne di un sistema (1). Ma la prima di queste due equazioni non è vera che in certi casi (e noi vedremo più innanzi per quali ragioni generali); quanto alla seconda, sebbene sia esatta, non può bastare a rappresentar l'energia. È chiaro infatti che un sistema può avere una quantità d'avanzamento che sia nulla, senza perciò essere incapace di produrre un effetto esteriore; e questo sarebbe il caso di due corpi uguali dirigentisi uno verso l'altro con velocità uguali; evidentemente l'energia avrebbe, in questo sistema, un valore, mentre la quantità dell'avanzamento sarebbe uguale a zero. Le formole del Leibnitz non risolvono dunque interamente la questione.

Egli è che, in realtà, nello stato attuale della scienza, noi siamo costretti a distinguere due forme almeno, sotto le quali l'energia può manifestarsi ai nostri sensi:

1.° L'energia di movimento, che è la sola considerata dal Leibnitz. Essa chiamasi anche energia attuale o energia cinetica, ed è uguale alla metà della forza viva del sistema, ossia a $\frac{1}{2}\Sigma m v^2$.

---

(1) « Et quidem demonstro non tantum eandem conservari *vim absolutam*, seu quantitatem actionis in mundo, sed etiam eandem vim directivam eandemque quantitatem directionis ad easdem partes, seu eandem *quantitatem progressus*, sed progressu in partibus computato, ducta celeritate in molem, non quadrato celeritatis. Hæc tamen quantitas progressus in eo differt a *quantitate motus*, quod duobus corporibus in contrarium tendentibus, pro habenda quantitate motus totali (sensu Cartesiano) debent addi quantitates motum singulorum; sed pro habenda quantitate progressus, debent a se invicem detrahi ».

Frammento di una lettera del Leibnitz al Bernoulli, del 28 gennaio 1696, citata nell'Edizione della *Monadologia* del Boutroux, Delagrave editore, 1881, Parigi.

2.° L'energia di posizione o energia potenziale, anch'essa reale come la prima e capace di produrre del lavoro, quantunque non produca nessun movimento attuale e percettibile. Tale è l'energia d'un arco teso, d'un fucile carico, e più generalmente di un sistema di corpi, che si attirano e che sono lontani gli uni dagli altri.

Ma bisogna inoltre notare che, pei nostri sensi, l'energia si manifesta eziandio mediante altri fenomeni, per esempio il calore, il suono, la luce, l'elettricità. Questa specie di energia deve evidentemente, risolversi in energia di movimento o di posizione *inter partes minores*, come diceva Bacone (1), ma l'estrema piccolezza dei movimenti non ci permette di scorgerne i particolari. Noi sappiamo solamente mercè l'esperienza, e questo ci basta, che esiste una regolare equivalenza tra delle quantità determinate di calore da una parte, e di lavoro meccanico dall'altra; e lo stesso accade per le azioni elettriche e per altre ancora, il che ci permette di introdurre queste quantità nelle nostre equazioni.

Ciò posto, la quantità costante voluta dal principio di causalità, che il Cartesio e il Leibnitz tentarono di formulare, consiste nella *somma* di tutte queste forme d'energia, o, in altri termini, nell'*energia totale* del sistema. I movimenti potranno modificarsi; una parte dell'energia cinetica potrà trasformarsi in energia potenziale o latente, o viceversa, ma la somma totale rimarrà sempre la stessa. Per conseguenza, indicando l'energia cinetica col suo valore, l'energia potenziale con P, e le altre forme dell'energia con a, b, c...., avremo la seguente equazione, grossolana

(1) *Novum Organum*, lib. II, 20. — Vedi sopra, pag. 240, nota 2.

certamente, come è imperfetto lo stato attuale della scienza, ma che pure rappresenta abbastanza esattamente la legge della causalità fisica, ossia della conservazione dell'energia E.

$$E = \frac{1}{2} \Sigma m v^2 + P + a + b + c.... = K.$$

152. In poche parole, la nostra ragione dirige la nostra conoscenza sensibile con questi tre principii: da una parte il principio di identità, che è il più generale, e il solo, a cui ricorrono i matematici; da un'altra parte i principii di sostanza e di causalità, che sono le due basi della scienza della materia per mezzo delle loro rispettive applicazioni, cioè *la conservazione della massa* e *la conservazione dell'energia*. — Aggiungiamo ancora una semplificazione, che si ricava dai paragrafi precedenti. Se noi affermiamo che nella materia vi è qualche cosa di permanente e di identico, gli è perchè, se tale elemento mancasse, ci riuscirebbe impossibile capirne le trasformazioni, e se affermiamo che nel movimento vi è qualche cosa di permanente e di identico, lo facciamo per la stessa ragione. Potremmo dunque riunire questi due enunziati in questo principio comune: che nulla esiste nel mondo percettibile, che non sia preesistito in quantità rigorosamente uguale; e che *spiegare* qualche cosa o qualche fatto, che ci sembra nuovo, gli è quanto far vedere sotto qual forma esisteva prima la sua indestruttibile continuità. Finalmente, siccome spiegare equivale a capire, noi avremmo il diritto di riassumere tutte queste verità dichiarando che nulla noi percepiamo, che non possa essere compreso, oppure che « nessun fatto potrebbe esser riconosciuto come vero o esistente, nessuna enunciazione come valida,

se non vi fosse una ragione sufficiente perchè la cosa sia così, e non altrimenti » (1). Questo principio di universale intelligibilità è il più alto grado di unità, a cui ci sia dato di arrivare, poichè, non affermando se non la legittimità dell'intelligenza, esso implica tutto quanto precede.

Del tempo e dello spazio.

153. Non solamente la nostra rappresentazione, vale a dire il complesso delle cose, che noi percepiamo, obbedisce rigorosamente a delle leggi, che noi troviamo insite *a priori* nell'anima nostra, ma si sviluppa inoltre in due, per così dire, ambienti semplicissimi, ai quali noi possiam riferire tutto ciò che percepiamo: *il tempo* e *lo spazio*. Di questi due campi, dove si distribuiscono tutte le nostre sensazioni, noi abbiamo una cognizione al tutto completa e adeguata; noi ne sappiamo tutte le leggi e tutte le proprietà. Le matematiche, che costituiscono la scienza del tempo e dello spazio, sono a gran pezza la parte più perfetta del sapere umano e, a parlar propriamente, anche la sola rigorosa. Il Pascal non esagerava punto affermando non esservi cosa al mondo che ci sia nota più del tempo e dello spazio, e che la nostra mente « li mette in tutta la natura. »

Il tempo ci si presenta come un continuo illimitato avente una sola dimensione, come una linea, di cui noi occupiamo sempre un punto determinato, che si sposta continuamente, sempre nella stessa direzione.

---

(1) LEIBNITZ, *Monadologia*, teorema 32°.

Lo spazio ci appare come un continuo a tre dimensioni, anch'esse illimitate, e tutte le parti del quale coesistono nello stesso momento. Queste due idee sono correlative e inseparabili l'una dall'altra, poichè, senza l'idea di spazio, non ci sarebbe nè direzione nè dimensione nè per conseguenza successione alcuna; e similmente l'idea della coesistenza, che è il carattere dello spazio, non può formarsi se non supponendo l'idea del tempo. Il fenomeno fondamentale e più semplice, al quale noi cerchiamo di ricondurre tutti gli altri, quando vogliamo capirli, cioè il *movimento*, chiarisce benissimo questo rapporto, poichè il movimento è la sintesi dello spazio e del tempo: infatti la formola del moto è $v = \frac{e}{t}$, vale a dire il quoziente d'un'estensione diviso per una durata.

Nè l'una nè l'altra di queste idee può essere costrutta supponendo che l'altra sia data, come qualche volta si è tentato di fare. Abbiamo veduto infatti che nè si potrebbe concepire il tempo senza lo spazio nè lo spazio senza il tempo, e che per conseguenza ogni siffatto tentativo sarebbe una petizion di principio. — Nè le dette idee ci possono, a maggior ragione, essere fornite dall'esperienza, poichè le loro proprietà essenziali, che sono la grandezza e la divisibilità illimitata, sono di lor natura inafferrabili dall'esperienza: noi non abbiamo mai diviso un milionesimo di millimetro e sappiamo bene che non lo divideremo mai, almeno cogli strumenti che ora possediamo; tuttavia noi siamo certi che il milionesimo di millimetro può essere suddiviso all'infinito. Noi non abbiam mai abbandonato il nostro pianeta, e tuttavia noi sappiamo che, se ci potessimo innalzare quanto volessimo, a capo d'un certo tempo non troveremmo più atmo-

sfera; elevandoci ancor più, cesserebbero forse anche le stelle; più lontano ancora mancherebbe forse anche quel sottilissimo etere che riempie gli spazi interplanetari; — ma siamo in pari tempo convinti che non troveremmo mai una parte dello spazio, dopo la quale lo spazio mancasse, poichè questo è contradditorio alla nozione che noi abbiamo dello spazio stesso.

154. Stabilito che queste due idee non possono essere dedotte l'una dall'altra nè ricavate dall'esperienza, resta solamente che si debbano ritenere due dati naturali e *a priori* del nostro pensiero, come facciamo dei principii supremi della ragione; il che d'altronde ci porta a comprenderne ottimamente tutte le proprietà.

In primo luogo l'omogeneità, vale a dire l'identità perfetta di tutte le loro parti. Falsamente la nostra imaginazione tende a rappresentarci lo spazio come diviso in diverse regioni, vale a dire come un canovaccio preesistente, sul quale sarebbero disseminati, e fissati in certi punti, i fatti e le cose, e il tempo come una linea, lungo la quale sono disposte le varie epoche a guisa delle pietre miliari lungo una strada. Il Leibnitz e il Kant tra i filosofi, il Cournot e il Duhamel tra i matematici — per non citare che i più rinomati — hanno dimostrato che tutto questo è pura illusione, e hanno fatto vedere a quali assurdità ci conduca. Bisognerebbe, per esempio, che ogni punto d'un siffatto spazio avesse la sua realtà individuale, che lo distinguesse da tutti gli altri e impedisse di confonderlo con questi; ma ciò è contradditorio, poichè tutti i punti dello spazio hanno le medesime proprietà. — Ma questa illusione svanisce

quando ci ricordiamo che lo spazio, come abbiamo testè detto, non è un essere a sè, nè qualche cosa di metafisico, ma un quadro *a priori*, che la nostra facoltà percettiva trasporta dovunque con sè. L'anima nostra genera incessantemente e continuamente lo spazio come una macchina seguita a tessere in una tela il medesimo disegno: perciò esso è sempre omogeneo e identico a sè stesso. Se volessi pensare dello spazio intorno a Sirio, o se mi fosse possibile di scorgervelo, non potrei pensarvelo o vedervelo che come lo penso o lo scorgo qui in terra, non essendo lo spazio una cosa, ma una legge; ed è perciò che la geometria non esita mai a generalizzare le sue formole, e considererebbe come un pazzo chi volesse sostenere che in Sirio una retta potrebbe tagliare una circonferenza in tre punti.

Questo carattere *a priori* del tempo e dello spazio è la sola cosa che possa altresì spiegarci la rigorosa esattezza delle verità matematiche. Se noi le ricavassimo dall'osservazione per via di astrazione e di generalizzazione, la loro precisione sarebbe al più uguale a quella delle migliori nostre osservazioni, mentre sappiamo che essa è, al contrario, di un rigore assoluto. Si confronti il metodo fisico di Galileo col metodo matematico del Roberval nel problema della cicloide [85]: il primo, essendosi servito dell'esperienza, poteva solamente affermare che l'area della detta curva era *presso a poco* uguale al triplo del circolo generatore, tantochè la vera formola avrebbe potuto essere $3\pi r^2 + \frac{r^2}{1000}$ senza che Galileo s'avvedesse della differenza; ma il Roberval, che dimostra la formola in luogo di sottoporla all'esperienza, prova che essa area è precisamente e necessaria-

mente uguale a $3\pi r^2$, senza un milionesimo di più o di meno, risultato, al quale l'esperienza non può arrivare.

Se dunque le figure geometriche, atteso il loro assoluto rigore, non sono generalizzazioni di esperienze, d'onde provengono? L'Ampère ne ha spiegata l'origine in modo assai soddisfacente, e la maggior parte dei geometri seguono ora la sua opinione, che ha persino generato un nuovo ramo delle matematiche, cioè la geometria cinematica (1).

Noi abbiamo l'idea dello spazio, quella del tempo e quella del loro rapporto, che è il moto. Similmente noi abbiamo l'idea di unità, che è appunto, come abbiam veduto, l'idea fondamentale della ragione. Poniamo l'unità nello spazio, e avremo il punto. È questo il miglior modo di definirlo in guisa che esso esista e abbia una posizione, senza tuttavia attribuirgli alcuna dimensione, come esige la geometria. Anzi questa definizione è la sola che sia rigorosa; d'altra parte essa non è nuova, poichè già Pitagora e i suoi discepoli, valentissimi matematici e molto addentro nella filosofia, definirono il punto μονὰς ἔχουσα θέσιν, letteralmente: «l'unità avente una posizione.» Ora se noi supponiamo che il punto si sposti, il suo movimento dà origine ad una linea, che non avrà assolutamente nè spessore nè larghezza, come il punto stesso; se la linea si sposta, genererà una superficie, e la superficie, spostandosi, produrrà il volume. Ciò

---

(1) Inventata dal colonnello Mannheim, professore alla scuola politecnica di Parigi, che ne riferisce egli stesso l'origine al *Saggio sulla filosofia delle scienze*. Questa geometria consiste essenzialmente, come lo indica il nome, nel risolvere i problemi mediante spostamenti delle figure; metodo, che presenta sempre un carattere più concreto dell'analisi, e in certi casi una maggiore semplicità.

è tanto vero, che, in geometria, le definizioni più perfette sono definizioni *per generazione:* il cilindro è la figura generata da un rettangolo che ruota intorno ad uno de' suoi lati, il cono da una retta fissa ad un'estremità, che dall'altra si appoggia costantemente sopra una curva chiusa, e via dicendo. — Spazio, unità, punto, linea, superficie, volume: tale è adunque l'ordine, nel quale si generano le nozioni geometriche, il che ne spiega ad un tempo la rigorosa esattezza e l'adequazione perfetta alla nostra mente.

Funzione della ragione nelle scienze morali.

155. Egli è evidente che l'espressione delle verità razionali non può essere la stessa nelle scienze morali e nelle fisiche. I fenomeni interni non occupano infatti alcun volume nello spazio; essi non involgono nè l'idea di massa nè quella di movimento. Non possiamo dunque attribuir loro nè la quantità costante nè la continuità logica, che esprime, come abbiamo testè veduto, la continuità della natura [150]. — Ma è d'uopo notare che ciò non è vero solamente dei fenomeni psicologici puramente interni, e dipendenti dalla sensibilità o dall'attività dell'anima. Ogni nostra percezione è un miscuglio di elementi qualitativi e quantitativi; i fenomeni esterni, in quanto vengono percepiti, vale a dire i suoni, i colori, gli odori, le resistenze, le forme, i sapori, sono indipendenti gli uni dagli altri; essi sono ugualmente irriducibili e per conseguenza inesplicabili nella loro propria natura, quali ci son presentati dalla semplice esperienza. E, reciprocamente, gli stati di coscienza che, ci sem-

brano i più soggettivi, come le emozioni, le volizioni e le passioni, possono essere considerati, mercè una ipotesi assai verosimile, come aventi ciascuno per concomitante fisiologico un determinato stato cerebrale o meccanico; questo stato non ne spiega certamente l'esistenza, ma esso ci permetterebbe, se noi lo conoscessimo, di rannodarli indirettamente, mediante siffatto intermediario, alla grande trascrizione simbolica del mondo esteriore, che la scienza si propone di allargare e di perfezionare. Il rosso, come rosso, è tanto diverso da un milione di vibrazioni dell'etere al minuto secondo, quanto il sentimento più delicato è diverso dalla modificazione nervosa che, secondo le nostre ipotesi, lo accompagna. Così tutte le ragioni, che giustificano la ricerca e l'affermazione delle leggi nel mondo fisico, restano ugualmente vere nel mondo morale; il fondamento e i processi dell'induzione sono gli stessi; il metodo sperimentale può osservarne i fatti, costruire sovr'essi delle ipotesi, e verificarle finalmente come nel mondo materiale; e — il che è molto concludente — esso ha già scoperto un certo numero di leggi psicologiche e sociali paragonabili in tutto a quelle della storia naturale e della fisiologia.

Ravvicinando questi risultati a quelli, ai quali ci ha condotti il paragrafo precedente, noi riusciamo altresì ad una concezione dei principii razionali, la cui universalità non è priva d'interesse. Nella fisica noi vediamo applicati tre principii; ma due di essi, cioè la sostanza e la causalità, non sono che sviluppi diversi d'una stessa formola [152], che il Leibnitz chiama *ragione sufficiente*, ed alla quale altri dánno il nome di *principio d'intelligibilità*. « I nostri ragionamenti sono regolati da due grandi principii: uno è

il principio di contraddizione (1), il quale dice che di due proposizioni contradditorie una deve esser vera e l'altra falsa; l'altro principio è quello della ragione determinante: nulla accade mai senza che vi sia una causa o almeno un motivo determinante, vale a dire qualche cosa che possa servire a rendere (2) *a priori* perchè sia accaduto così e non in un qualunque altro modo » (3). In altri termini, tutto ciò che non è immediatamente intelligibile per sè stesso, lo è mediatamente, per essere collegato con qualche altro termine, che permette di farlo entrare nel determinismo universale. Ora la sola espressione omogenea e coerente di questo determinismo si ravvisa nei rapporti di estensione, di figura, di movimento, e, in una sola parola, in rapporti di quantità. Anche quando noi non possiamo effettuare questa trascrizione, noi la consideriamo come teoricamente possibile, e noi abbiamo veduto che questa possibilità serve di fondamento ad ogni ragionamento induttivo, sia esso fatto direttamente o coll'intermediario dell'ipotesi [86]. È uno dei principii, e dei più fecondi, del metodo cartesiano quello di supporre sempre un ordine geometrico anche nelle cose che non si seguono naturalmente le une alle altre (4). La funzione logica della *ragione sufficiente* consiste dunque essenzialmente nell'affermazione, o, se si vuole, nel postulato di un determinismo invariabile fra tutti i nostri stati di coscienza reali, unica materia della nostra cognizione, e la loro espressione intelligibile, che noi siamo però

(1) O principio d'identità. Vedi § 148.
(2) Cioè: *a rendere intelligibile*.
(3) Leibnitz, *Teodicea*, 44.
(4) *Discorso sul metodo*, II, regola terza.

ben lontani ancora dall'aver costrutta compiutamente. Questo postulato è espresso dalla nota formula di Pitagora: il numero è l'essenza delle cose; da quella di Platone: ἀεὶ ὁ Θεὸς γεωμετρεῖ, da quelle di Bacone, di Cartesio, del Leibnitz, e dal celebre assioma del D'Alembert: « Il mondo è un problema di meccanica. » Al contrario, il principio d'identità si applica esclusivamente al rapporto che queste trascrizioni hanno fra di loro, rapporto espresso in modo universale dal ragionamento deduttivo, e che si enuncia in particolare, nel maggior numero dei casi, mediante formole matematiche.

156. Ma la natura dell'anima umana e l'esistenza dei problemi, che abbiamo chiamati *normativi* [94], dànno luogo nelle scienze morali ad un'altra applicazione della ragione, che non si trova nella filosofia naturale. A voler studiare questa funzione dei principii supremi della ragione nella Logica, basterebbe riprendere da un altro punto di vista tutto ciò che precede, e considerarne, non più i risultamenti, ma la forma e il metodo. Gli è invece nella Morale che appare più manifesto il carattere proprio della ragione normativa, o, come dice il Kant, della *ragion pratica*.

Qual che sia l'interpretazione metafisica che si vuol dare della libertà, essa esiste infatti: vale a dire che gli uomini incominciano dal concepire uno scopo, si decidono a raggiungerlo, e finalmente mettono in opera tutti i mezzi pratici, di cui possono disporre per realizzare il fine, a cui tendono, e qualche volta vi riescono, qualche volta falliscono. Ma, sia nell'uno che nell'altro caso, hanno veduto la meta e hanno giudicato che fosse per loro conveniente l'arrivarvi. Una pietra che cade, di queste considerazioni non ne fa.

Ora, tra i fini che ci si presentano così, e che entrano in conflitto in quasi tutti i momenti della nostra esistenza, bisogna ben fare una scelta; non si può volere allo stesso tempo far l'elemosina e non dare il denaro, andare al teatro e lavorare, salvare un uomo che annega ed evitar di bagnarsi. L'intelligenza, che conosce e prevede, presenta continuamente alla volontà molte azioni come *possibili*, e la volontà, sotto pena di rinunziare ad agire, esige un criterio per decidersi tra le varie azioni. Tale è la conseguenza della nostra qualità di esseri ragionevoli. « Io voglio sapere perchè vado in collera » dice un personaggio da commedia; quanto a noi, vogliamo sapere perchè operiamo in un modo piuttosto che in un altro. Il carattere della ragione è di esigere l'intelligibilità universale. Nel mondo esteriore, che nulla ha di contingente, e che non dipende da noi, questa esigenza è una legge necessaria, ed è sempre soddisfatta. Invece nelle nostre azioni, che sono contingenti, almeno riguardo a noi, poichè noi esitiamo fra l'una e l'altra, e che dipendono dalla nostra volontà, questa medesima esigenza introduce un ordine e costituisce la legge morale. Non v' ha dubbio che il loro carattere di contingenza permette alle nostre azioni di sottrarsi alla legge, e che gli uomini agiscono sovente in modo assurdo; ma in questo caso la ragione protesta, fa valere ad ogni modo la sua autorità, e la ristabilisce in principio, costringendoci a confessare che l'azione era *cattiva*, cioè a dire in disaccordo colla norma, che noi avremmo dovuto seguire.

Ma il principio di ragione sufficiente non sarebbe soddisfatto, se l'uomo si lasciasse guidare ora da un istinto, ora da un altro, secondo le disposizioni del momento? Certamente gli animali vivono così, e i

meno intelligenti fra gli uomini fanno altrettanto; essi vanno là dove li spinge l'impressione del momento, senza curarsi di mettersi d'accordo con sè stessi. Ma non vediam noi che la ragione li condanna? Gli epiteti di bruto, di bestia, d'animale, non sono mai stati considerati come un elogio. — Gli è che, in realtà, agire in modo intelligibile e intelligente equivale a condurre la propria vita con un certo metodo: *constanter vivere*, dicevano gli Stoici; e non fluttuare come un sughero, che l'onda ora allontana dalla spiaggia e ora ve lo riporta. La ragione dell'uomo non può trovare soddisfacente lo spettacolo delle proprie azioni, se non a condizione di ravvisarvi una unità: ora unità e intelligibilità sono vocaboli sinonimi. L'ideale della scienza è di sempre più diminuire le leggi speciali che la compongono, fondendole nel più piccolo numero possibile di assiomi elementari; nelle scienze, noi siamo ancora molto lontani dalla semplificazione perfetta, perchè si tratta di fatti che non dipendono da noi; ma in morale, al contrario, la nostra autorità è assoluta; basta volerlo, per potere avviare la nostra vita nella direzione da noi scelta; e, tranne i casi della debolezza umana, della passione o della pazzia, dipende unicamente da noi il deciderci, in tutte le nostre azioni, giusta il criterio unico della considerazione del bene.

Ma l'autorità legislativa della ragione si spinge più in là. Sarebbe possibile adottare come scopo uniforme costituente l'unità della vita, il soddisfacimento d'un determinato istinto, l'ambizione, per esempio, o l'amore? Per quanto largo fosse il senso, nel quale si volesse prendere questo sentimento, ben difficilmente esso potrebbe servire di criterio per tutte le azioni; per conseguenza la ragione non sarebbe sod-

disfatta che in certi casi. Ma anche questa obiezione non è la più grave: ciò che rende impossibile questa soluzione del problema morale si è che un istinto non è cosa per sè stessa intelligibile. È un' impulsione oscura, di cui noi non afferriamo la causa; quando ci tocca di obbedire a lei, noi non sappiamo il perchè del nostro operare. Il Cuvier ha notato benissimo che l' istinto è in ragione inversa dell' intelligenza; e i teorici dell'amore s'accordano a non ravvisarvi altro che un inganno della natura, mediante il quale essa procaccia la sicura riproduzione delle specie. Lo stesso accade di ogni altra inclinazione naturale; l' intelligenza, che è una gran forza dissolvente, sottomette all'analisi ogni istinto, di cui ha coscienza; se lo giudica inutile, lo distrugge, ma se lo ravvisa conforme alla propria ragione, lo trasforma in volontà oppure in abitudine. Se dunque noi potessimo conservare un istinto come principio compreso e voluto delle nostre azioni, questo avverrebbe perchè esso principio sarebbe stato prima giustificato da un motivo superiore. Per conseguenza la regola della nostra vita dipenderebbe in fondo da questo motivo.

Bisogna dunque che la ragione cavi da sè stessa la norma dell'uso suo pratico. Il Kant ne ha fatta la deduzione in modo quasi matematico nella sua *Metafisica dei costumi* e nella *Critica della ragion pratica*. Poichè qui non si tratta di esporre la morale, ma solamente di far vedere come essa si fondi sulla ragione, non è necessario entrare nei particolari delle formole kantiane. Nel loro complesso, le dette formole s'appoggiano sopra la saldissima verità che la ragione non può trovar cosa, che sia più ragionevole di sè stessa, nè la volontà può proporsi uno

scopo che sia più logico della propria autonomia. L'attività umana non può essere pienamente intelligibile e per conseguenza perfettamente conforme a ciò che essa stessa vuol essere, se non attendendo a seguire i dettami della ragione e della libertà. Ma l'unione della ragione e della libertà è quella appunto che costituisce l'anima dell'uomo, ossia la sua personalità morale; e la legge definitiva della ragion pratica si è di rispettare e sviluppare questa personalità in tutti gli esseri, nei quali si trova. « L'uomo è ben lontano dalla santità; ma ciò non ostante la personalità umana deve essere sacra in lui. Nell'intera creazione noi abbiamo il diritto di adoperare come semplice mezzo tutto ciò che vogliamo e tutto ciò che possiamo, eccettuato l'uomo: ogni creatura dotata di ragione deve essere trattata come un fine in sè » (1).

157. Come tutti i prodotti dell'umano pensiero, la morale si appoggia dunque sull'umana ragione. E la necessità di questo fondamento è per avventura più evidente per le scienze normative che per le scienze esplicative: se qualche cosa *deve* esser fatta, questo *dovere* non può esser dato che *a priori,* poichè l'esperienza non si pronunzia per sua natura che sopra questioni di fatto, lasciando sempre inatte quelle di diritto. Di più, se la deduzione o l'induzione esigono un principio razionale, gli è perchè anch'esse implicano l'affermazione di un certo diritto, che è quello di concludere dal passato all'avvenire o dalle premesse alla conclusione. L'idea più elevata, dalla quale partono tutti i metodi, è il diritto della mente all'universalità. Questa universalità è ora necessaria,

(1) KANT, *Critica della ragion pratica*, lib. I, Cap. III.

come nell'oggetto del pensiero, ora contingente, come nel soggetto pensante; ma, sia che la si affermi, o che semplicemente la si ricerchi, rimane pur sempre la roccia incrollabile, sulla quale è fondato tutto l'edificio della vita intellettuale e morale. « La natura della ragione, dice un teorema giustamente celebre dell'*Etica*, si è di concepire tutte le cose sotto la forma dell'eternità » (1).

Natura e limiti della spiegazione scientifica.

158. La struttura della nostra mente è tale, che noi vi troviamo *a priori* un certo numero di verità, che si applicano a tutte le cose che possono cadere sotto i nostri sensi o sotto la nostra intelligenza, e che formano il complesso del nostro scibile. La ragione non ci *insegna* che una sola cosa, vale a dire quale ordine esista tra le cose che noi percepiamo. Ma noi possiamo domandare se tutto ciò che noi percepiamo esiste indipendentemente dall'anima nostra, o se, al contrario, non si tratta che di un continuo sogno. Questa domanda, che si propongono anche le persone poco istruite, ci è suggerita da molte e importanti ragioni.

In primo luogo, nel sogno, nel delirio e nella allucinazione noi vediamo e tocchiamo degli oggetti, che ci presentano tutte le apparenze ordinarie delle nostre sensazioni, e non ne differiscono se non per la loro incoerenza. Di più, in certe malattie e in certi stati patologici dell'anima, noi possiamo evocare a nostra volontà siffatte imagini, che si sostituiscono

(1) Spinoza (1632-1677), *Etica*, 2.ª parte, corollario della proposizione 44.ª

alle percezioni normali e che funzionano nell'identico modo.

In secondo luogo, se noi studiamo i nostri sensi, vediamo che ciascuno ha la sua *energia specifica*, vale a dire la proprietà di cagionare in noi una sensazione speciale e determinata dietro una sola e medesima eccitazione esterna. Se facciamo agire la stessa corrente elettrica sulla punta delle dita, su quella della lingua, sull'occhio e sull'orecchio, otteniamo, con questa medesima causa, nel primo caso un prurito, nel secondo un sapore, nel terzo un bagliore, nel quarto un suono. Tutti questi fenomeni non sono dunque altrettante qualità inerenti agli oggetti reali, in mezzo ai quali viviamo, ma appartengono unicamente alla nostra facoltà percettiva.

Finalmente egli è chiaro che quando noi vediamo o sentiamo le cose, noi non entriamo con esse in un contatto diretto; tra il sole e la mia persona s'interpone un intermediario fisico, un intermediario fisiologico e un intermediario psicologico, nei quali hanno luogo le trasformazioni più complesse prima che il fenomeno giunga alla mia coscienza. Ciò che noi percepiamo è sempre l'ultimo termine di questa serie, cioè una modificazione della nostra anima, uno stato di coscienza. Noi siamo rigorosamente rinchiusi in noi stessi, ed anche i nostri simili non li possiamo mai conoscere che indirettamente; noi interpretiamo i loro gesti e le loro parole, e ne deduciamo il loro pensiero, ma non possiamo raggiungerlo in lui stesso, come non lo possiamo di qualunque oggetto reale. Questa solitudine delle anime, che ha inspirato bellissimi versi ad un poeta contemporaneo, è un'altra ragione per riflettere sulla natura di tutto ciò che percepiamo intorno a noi, e per metterne in dubbio il carattere obiettivo.

Ciò, a cui noi diamo il nome di mondo esteriore, non è dunque in sostanza se non il complesso delle nostre rappresentazioni interne, che la natura dell'anima ci costringe a *oggettivare*, cioè a figurarcele sotto la forma di oggetti esistenti fuori di noi e da noi distinti. Ma quale è la natura di questo mondo esteriore, vale a dire di ciò, che in mancanza d'un termine più adatto, si può chiamare la *causa*, che produce nel nostro pensiero tutte queste imagini? Ecco il grande problema della metafisica. Noi non lo enunciamo per risolverlo, ma per far vedere al contrario, che coloro, i quali pretendono sbrigarsene in poche parole, non si rendono ben conto della sua difficoltà. Il materialista, che crede all'esistenza degli atomi, come se fossero cose reali ed esistenti in sè, segue una metafisica altrettanto arrischiata che quella di Berkeley o di Malebranche, quando sostengono che la sola vera causa di tutto ciò che noi crediamo percepire, è la volontà di Dio, e negano assolutamente qualunque diversa realtà.

159. Non entreremo dunque nella questione di sapere qual possa essere la causa oggettiva della nostra conoscenza, e la natura intima del *noúmeno* (1). Tutto ciò che noi ne sappiamo si è che non somiglia alle nostre percezioni più di quello che un libro stampato somigli al pensiero dell'autore che l'ha scritto. Ma, dal punto scientifico, nulla importa conoscere la natura dal noúmeno, e neppure di sapere se esista. Qualunque possano essere la sua natura e le sue

(1) Termine creato dal Kant per indicare la causa ignota delle nostre rappresentazioni, dal greco νοούμενον « ciò che si concepisce »; a cui si oppone *fenomeno*, φαινόμενον « ciò che appare ».

leggi, esse non si manifestano a noi che per mezzo delle nostre sensazioni e mediante i fenomeni del mondo visibile. Son questi fenomeni che costituiscono i nostri piaceri e i nostri dolori, sono essi che formano la nostra felicità; sono essi solamente che, ben compresi, ci danno modo di soddisfare ai nostri bisogni e a quelli dei nostri simili. Sieno o no soggettivi, questi fenomeni sono l'ambiente, nel quale si sviluppa la nostra intelligenza, la nostra attività, e perfino la nostra moralità: *in eis vivimus, movemur et sumus*. Senza dubbio sarebbe cosa puerile e forse pericolosa il volersi rinchiudere rigorosamente nei fenomeni, e rifuggire da ogni pensiero, che a loro non si riferisca. « Non date ascolto, dice Aristotele, a coloro che consigliano agli uomini di non pensare che alle cose umane e passeggiere al pari di loro: bisogna eternarsi per quanto è possibile, e consacrare la propria vita a ciò che v'ha in noi di migliore. Se il pensiero occupa nel mondo un piccolo posto, esso lo supera infinitamente per valore e dignità » (1). La ricerca dell'assoluto è un bell'ideale, lo studio della metafisica serve ad esercitare la mente, a soddisfare la sua tendenza verso una spiegazione ultima delle cose, e a preservarla da grossolane illusioni circa i limiti del possibile e dell'impossibile. Ma lo scopo delle scienze è ben diverso, e non esige che si vada tanto lontano. In quello che ci appare, si manifesta un ordine, una determinazione regolare, che ci permette di concludere da un fenomeno ad un altro fenomeno, e di produrli gli uni per mezzo degli altri. Lo scopo di tutte le scienze non è di

(1) ARISTOTELE, *Etica a Nicomaco*, lib. X.

conoscere in sè ciò che esiste, ma di trovare i mezzi più acconci a *rappresentare* e a rendere facilmente comprensibile quest'ordine. L'importante non è dunque, che ciò che noi percepiamo mediante i sensi, sia o non sia un sogno, ma che questo sogno sia coerente e bene ordinato; e infatti lo è: tanto la ragione quanto l'esperienza ce lo attestano.

160. Le ipotesi scientifiche, anche le più generali, differiscono quindi radicalmente dai sistemi metafisici. Esse non si propongono, come questi ultimi, di farci conoscere la vera realtà; il loro scopo è solamente quello di trascrivere i fenomeni, che possono cadere sotto i nostri sensi, in un linguaggio comune, che ci permetta di confrontarli gli uni con gli altri, come nel calcolo si riducono artificialmente le varie frazioni ad un solo denominatore. In tal modo si possono stabilire tra gli elementi del nostro sapere dei rapporti perfettamente definiti; a questo fine, si sacrifica ciò che costituisce, dal punto di vista sensibile, il loro carattere, p. e. il sapore o il colore, sostituendovi una nuova rappresentazione, che, se non è assolutamente adeguata, possiede almeno il grande vantaggio di rannodarli gli uni agli altri mediante rapporti precisi e facili a capire. L'espressione analitica delle forme in geometria, la teoria atomica in chimica sono due belle applicazioni di questo principio. Si potrebbe anche, a fine di rendere sensibile questo carattere molto delicato delle spiegazioni scientifiche, paragonare il mondo ad una grand'opera d'arte, una parte della quale fosse in prosa, un'altra in versi, un'altra ancora consistesse in disegni, e certi passaggi fossero espressi da accordi musicali o da frasi melodiche: la scienza sarebbe, in questo caso, abbastanza bene rap-

presentata da un'analisi continua, che riassumesse in un medesimo stile, semplice e logico, senza tener conto delle forme primitive, tutte le idee e tutti i sentimenti contenuti in siffatta opera. Gli è per ciò che un grande matematico contemporaneo disse che le formole più generali delle scienze sono altrettante comode convenzioni, dimostrate unicamente dalla comodità esplicativa che presentano (1). E questo giustifica eziandio i caratteri classici, che i logici esigono in ogni buona ipotesi: che sia semplice, non superflua, e comprenda tutti i fatti conosciuti (2).

161. « Il vero oggetto delle scienze fisiche non è la ricerca della causa ultima, ma la ricerca delle leggi, secondo le quali si producono i fenomeni. Allorchè si spiegano i movimenti dei corpi celesti ricorrendo al principio del peso, non si considera questo principio come una qualità occulta naturalmente inerente alla materia, ma come una legge generale, secondo la quale i fenomeni hanno realmente luogo; e di questa legge, una volta che sia dimostrata dai fatti, noi ci serviamo come di un mezzo d'indagine per trovare i rapporti vicendevoli di tutti i fenomeni, per prevederne le epoche e la durata, non in modo incerto e vago, ma numericamente e con assoluta esattezza. L'attrazione universale, così stabilita e così verificata, diventa essa stessa un fatto. Solamente, noi non ne conosciamo la causa, e i matematici non sono logicamente tenuti a definirla, perchè non hanno punto bisogno di conoscerla per iscoprire e determinare le leggi particolari dei fenomeni, i quali soli presentano interesse per noi. Dedurre così dalle osserva-

(1) H. Poincaré, *Intorno alle geometrie non euclidee*. Rivista generale delle scienze, dicembre 1891 e gennaio 1892.

(2) Spesso si aggiunge anche: « e che faccia prevedere dei fatti ancora ignoti ». Ma questa non è evidentemente una condizione necessaria di validità; è soltanto un carattere, che, quando si presenta, aggiunge molto valore all'ipotesi; poichè da ciò siamo indotti a credere che non si troveranno più nuovi fatti, che sieno inconciliabili con essa ipotesi.

zioni e dall'esperienza delle leggi generali o dei principii di movimento, e spiegare poscia come le cose osservabili derivino da questi principii in modo rigoroso e coi medesimi rapporti numerici enunciati in essi principii, sarebbe il più alto grado di perfezione della scienza naturale.

« Disgraziatamente le diverse parti di questa scienza sono ancora ben lontane da così fatta perfezione: poichè non solamente vi son molti fenomeni, dei quali non conosciamo le leggi fisiche, ma ve ne sono inoltre di quelli, la cui origine stessa è per noi un inesplicabile enigma, perchè ora ci sembrano cagionati immediatamente da forze meccaniche, che agiscono semplicemente come principii di movimento, senza introduzione di nessuna sostanza materiale, ora sembrano dovuti a sostanze suscettibili di combinarsi coi corpi o di separarsene in modo invisibile, senza recare alcun cambiamento al peso dei corpi stessi. Tali sono i fenomeni che dipendono dall'elettricità, dal magnetismo e dal calorico.

« A fine di spiegare questi fenomeni, i fisici hanno imaginato certi fluidi elastici dotati di proprietà attrattive o ripulsive, e capaci di penetrare tutti i corpi o soltanto alcuni di essi. A questi fluidi si son dati i nomi di fluido elettrico, fluido magnetico e principio del calore o calorico (1). Mediante queste supposizioni si può, fino ad un certo punto, rappresentare la maggior parte dei fenomeni, vale a dire si può far vedere che essi sono conseguenze gli uni degli altri, e prevedere gli effetti che la loro combinazione deve produrre; ma ne restano molti, che è ben difficile spiegare nel detto modo, e altri ancora, che è affatto impossibile.

« Laonde i veri fisici ammettono la considerazione dei fluidi unicamente come una comoda ipotesi, alla quale si guardan bene di annettere delle idee di realtà, e che sono pronti a modificare o ad abbandonare interamente, non appena i fatti la contraddiranno. Così, p. e., avendo riconosciuto che un solo fluido non bastava per rappresentare esattamente le attrazioni

(1) Di questi tre fluidi imponderabili, l'elettricità è il solo che si ammetta anche al presente.

e le ripulsioni elettriche, non ebbero difficoltà di ammetterne due, di cui hanno convenientemente definite le qualità, e che hanno chiamato fluido vitreo e fluido resinoso dal nome delle due elettricità contrarie. Inoltre, mediante questi due fluidi, non si possono determinare rigorosamente le leggi di tutti i fenomeni, essendo estremamente difficile sottoporre al calcolo questa ipotesi di fluidi che si combinano o si separano, e talvolta anche impossibile; di maniera che restiamo così privi del solo lume, che potrebbe guidarci con sicurezza in mezzo a queste tenebre.

« Nella teoria del magnetismo, che è forse ancora più oscura, si è stati costretti ad ammettere parimente due fluidi, che sono stati chiamati fluido australe e fluido boreale per l'analogia che hanno con le attrazioni magnetiche dei due emisferi terrestri. Nella teoria del calorico si è ammesso, fino ad ora, un solo principio; ma le sue proprietà e attribuzioni sono state accresciute di molto (1). Nella dilatazione dei corpi si è dovuto considerarlo come una forza repulsiva posta tra le loro molecole.

« Nelle combinazioni chimiche fu d'uopo considerarlo come una sostanza suscettibile di essere assorbita, condensata o svolta. Finalmente, nella sua trasmissione a distanza, che avviene secondo leggi analoghe a quelle della luce, è stato d'uopo riconoscere una radiazione lanciata dai corpi in tutte le direzioni con somma rapidità. Questa ipotesi, dovuta allo Scheele, e sviluppata con molta cura dal Prevost di Ginevra, soddisfa benissimo alla parte meccanica del fenomeno da lei abbracciato. Ma da tutto questo si ricava, che circa la *propria natura* del calorico noi non sappiamo assolutamente nulla di preciso: infatti, se essa ci fosse nota, tutte queste diverse modificazioni emanerebbero dalla medesima sorgente, e non si sarebbe costretti a imaginarle successivamente per ciascuna classe di fatti; inoltre alcune di queste classi, come le leggi sull'elasticità dei gas, non possono punto spiegarsi mediante le citate supposizioni.

---

(1) Da quando il Biot scriveva queste righe, il calorico non è più considerato come una sostanza; ma, come abbiam veduto più sopra [116], lo si concepisce come una forma dell'energia, e precisamente come un movimento molecolare.

Gli è per questo che, facendo la recensione del libro intitolato: *Conversazioni sulla chimica*, dissi che, a mio avviso, l'autore avrebbe fatto meglio attribuendo minore importanza alla teoria del calorico considerato come materia, e sopratutto ad esporla con maggiori riserve. Poichè se i fisici, che hanno meditato sul complesso dei fenomeni, sanno apprezzare questa ipotesi, gli è che l'esperienza impone a loro di molte riserve, ciò che non può accadere ai giovani, naturalmente propensi a tutto generalizzare. Si deve dunque sempre, ma specialmente in un'opera elementare di chimica, presentare queste ipotesi per quel che realmente valgono, acciocchè gli allievi, sedotti dall'attrattiva delle *spiegazioni*, non le piglino per altrettante realtà » (1).

162. È certo adunque che le più perfette teorie delle scienze sono tanto lontane da una spiegazione ultima e definitiva dell'universo quanto lo possono essere le nozioni più grossolane e le idee meno illuminate. Tutta la scienza, dicevamo al principio di quest'opera, consiste nel disporre in ordine regolare il caos disordinato delle nostre sensazioni [4]; lo studio successivo dei metodi e dei risultamenti mostra come la ragione effettua consciamente e gradualmente questo cómpito sulle nostre percezioni passate e future, ordinando parimente sotto i nostri occhi le percezioni presenti in modo incosciente e quasi immediato. L'opera sua scientifica non è che la continuazione e il compimento del suo lavoro spontaneo.

Appoggiata alla forza incalcolabile dei segni, e specialmente della parola, ma non già costituita da essa parola, la ragione compie l'unificazione dei dati elementari delle nostre sensazioni e chiude il circolo della cognizione. Ma quando l'ordine regna così

(1) Biot, *Miscellanee scientifiche*, II, 110. Il brano è citato nella raccolta già menzionata (pag. 145) del Gay, pag. 753-756.

nell'intiero dominio della nostra percezione, l'*esistenza* stessa di questa percezione solleva ancora quel terribile problema metafisico, al quale la ragione ci conduce per tutte le strade. Che cosa è dunque questa misteriosa facoltà di sentire e di pensare, tutte le manifestazioni della quale presentano un ordine così coerente e tuttavia ritornano sopra sè stesse rinchiudendoci nella cerchia dei loro rapporti? Perchè percepiamo noi? Perchè percepiamo noi queste cose e non altre diverse? Chi sono io? Qual causa produce in me queste sensazioni infinite tanto per numero che per varietà? Qual rapporto unisce il mio essere agli altri? — Se queste domande si considerano come ragionevoli, la scienza deve confessare la sua ignoranza del reale, poichè non è in grado di rispondervi. Se invece si dichiarano illogiche e non vi si ravvisa se non un paralogismo della ragione, che proietta nell'infinito l'ombra dei concetti acquistati mediante l'esperienza, si rimane al punto di prima: l'ininteligibilità del mondo viene eretta a principio, e solo il silenzio ci può salvare dal cadere nell'assurdo.

163. In ogni modo, le scienze non possono arrivare all'Assoluto. Nè i primi principii nè le prime cause appartengono dunque al loro dominio. Esse non fanno che proporre il problema metafisico con maggior forza per lo scienziato che per l'ignorante: poichè chi incomincia ad imparare spera ancora di trovare in esse la chiave dell'enigma universale; chi invece le conosce, ha imparato a misurarne i limiti ed ha esaurito le ultime risorse dell'intelligenza. Egli sa che vi è un punto, dove la forza delle argomentazioni logiche si ferma, e al di là del quale le maggiori inverosimiglianze divengono non meno possibili delle

più ordinarie imaginazioni. Ma se questo pensiero può qualche volta rattristarlo, l'abitudine di contemplare il mistero, lo rende modesto, tollerante per le opinioni altrui, e fermo nelle proprie; egli impara ad interessarsi per lui stesso a questo mondo sensibile ed intellettuale, in cui viviamo, e in cui non manca nè del bene da fare nè del vero da scoprire. Rinunziando a discutere sul noúmeno, egli concentra tutte le forze della sua ragione su problemi meno alti, ma più accessibili, che appartengono al dominio dell'esperienza o della logica. La verità, anche relativa e fenomenale, racchiude in sè una così forte attrattiva, che può compensare l'anima del dispiacere di non poter pretendere all'Assoluto. Il libero esercizio del pensiero, che si applica a oggetti reali e non a vane dispute di parole, è tra tutti i piaceri il più solido e quello che è seguito da minor dolore. Esso distacca l'anima nostra dalle solite piccinerie della vita, e gli procura, mediante il sentimento della propria elevazione intellettuale e morale, una soddisfazione assai tranquilla e durevole, che talvolta fa meravigliare gli uomini dediti al piacere, e spesso ne desta l'invidia. «Se, come io credo, compiacendomi in questa credenza, dice Agostino Thierry (1), l'interesse della scienza conta tra i grandi interessi nazionali, io ho dato al mio paese quanto gli dà il soldato, che resta mutilato sul campo di battaglia. Qualunque sia per essere la sorte de' miei lavori, spero che il mio esempio non andrà perduto. Io desidererei che esso servisse a combattere quella specie di accasciamento morale, che è la malattia della nuova generazione; che potesse ricondurre sul

(1) *Dieci anni di studi storici*. Prefazione.

retto sentiero della vita qualcuna di quelle anime fiacche, che si lagnano di non aver fede in nulla, di non sapere a che cosa dedicarsi, e che vanno cercando dappertutto, senza mai trovarlo, un oggetto di culto e di venerazione. Perchè ripetere con tanta amarezza che nel mondo, così come è costituito, non vi è aria per tutti i polmoni, non lavoro per tutte le intelligenze? Ma lo studio serio e calmo non è un campo aperto a tutti? Non possiamo trovare in esso un rifugio, una speranza, una carriera accessibile a tutti? Così si possono trascorrere i giorni di tristezza senza sentirne il peso, ed essere l'arbitro del proprio destino, e spendere nobilmente la vita. Ecco quanto ho fatto io, e quanto farò ancora; se dovessi ricominciare il cammino, prenderei quella via, che mi ha condotto al punto, in cui mi trovo. Cieco e infermo quasi del continuo, e senza speranza alcuna di ricuperar la salute, posso testificare (e la mia testimonianza non sarà certamente sospetta), che al mondo vi è qualche cosa di migliore dei piaceri materiali, della ricchezza, e della stessa sanità, e che questa cosa è l'amore alla scienza ».

FINE.

AGGIUNTE E MODIFICAZIONI

Aggiungere al § 45 (dopo l'equazione):

In questa maniera di scrivere contenevasi di già il germe di grandi progressi; infatti devesi alla notazione x^2 e x^3, sostituita a quella di xx e xxx, se si è potuto scrivere $x^{\frac{1}{2}}$ in luogo di $\sqrt{x}$ e $x^{\frac{1}{3}}$ in luogo di $\sqrt[3]{x}$. Si è così finito per considerare l'esponente come un numero algebrico qualunque, dando per tal modo origine a svariatissime nuove generalizzazioni, e particolarmente a quella che consiste nel prendere questo numero stesso come variabile. Di qui viene la nozione a^x, e quella di funzione esponenziale $(y = a^x)$, alla quale non si sarebbe forse mai arrivati senza tale notazione, e che tuttavia non ha nulla nè di isolato nè di artificiale, come lo prova il suo stretto rapporto colla funzione logaritmica, ottenuta per tutt'altra via.

Modificare come segue il 2° e il 3° alinea del § 55:

Esso si basa essenzialmente sopra l'idea di quantità variabili, sopra le quali si opera in principio per istabilire i loro rapporti, attribuendo loro un valore arbitrario piccolissimo, che si riduce poscia ad un valore minore d'ogni quantità data, osservando che i rapporti trovati col mezzo di dette quantità riman-

gono fissi o tendono verso un limite ben determinato, allorquando le quantità stesse tendono a zero. Si stabiliscono così delle regole, le quali permettono di eliminare tali quantità ausiliarie, trascurandole in confronto delle quantità finite. — Inoltre, osservando in secondo luogo che tra queste stesse quantità ve ne sono di parecchi ordini, quali, per esempio, son quelle del secondo ordine rispetto a quelle del primo, e queste stesse rispetto alle quantità finite, si determinano delle regole, secondo le quali si ha il diritto di trascurare le une rispetto alle altre, ciò che produce, senza alterare i risultati, una utilissima abbreviazione e semplificazione del calcolo.

Quanto all'utilità di introdurre queste piccole quantità ausiliarie, capaci di assottigliarsi e di scomparire in appresso, essa proviene dai rapporti che esistono tra lo spazio e il numero. Infatti, per poter ricondurre tutte le questioni geometriche a questioni aritmetiche, bisognerebbe ecc. ecc.

INDICE ALFABETICO

DEGLI AUTORI CITATI IN QUEST'OPERA

(I numeri indicano la pagina dove son nominati gli autori, o la pagina dove finiscono i brani tratti dalle loro opere.)

Alembert (D') 44, 46, 67, 108, 125, 161, 211.
Ampère (A. M.) 52, 54, 55, 62, 66, 68, 71, 75, 76, 130, 176, 254, 316.
Anassagora, 248, 250.
Apollonio, 12.
Archimede, 12, 25, 84, 86.
Aristotele, 13, 15, 40, 87, 101, 210, 328.
Arnauld, 115.

Bacone (Francesco), 9, 32, 41, 42, 43, 44, 46, 52, 55, 146, 147, 148, 211, 214, 236, 237, 239, 250.
Bailly, 32.
Bernard (Claudio), 133, 135, 160, 168, 301.
Bernouilli (Giacomo), 88.
Berthelot, 254, 260.
Bessel, 146.
Biot, 140, 241, 333.
Borrius, 29.
Boscowich, 256.
Bossut, 108.
Buffon, 2, 5, 285.

Cardano, 88.
Carnot (Lazzaro), 110.
Carnot (Sadi), 288.
Cartesio, vedi Descartes.
Cavalieri (Bonaventura), 105.
Comte (Augusto), 13, 46, 52, 55, 57, 58, 65, 71, 72, 91, 96, 177, 213.
Condillac, 10, 20, 24, 84.
Condorcet, 12.
Cournot, 84.
Cuvier, 264, 265, 323.

Darwin (Carlo) 285, 286, 287, 292.
Daunou, 221.
Democrito, 236, 249, 250.
Descartes, 42, 43, 51, 68, 88, 89, 90, 91, 92, 103, 105, 122, 162, 170, 239, 247, 251, 257, 258, 260, 268.
Diderot, 44, 45, 46.
Diofanto, 87.
Duhamel, 24, 25, 84, 117, 118, 258.

Espinas, 272.
Euclide, 89.
Eulero, 161, 246.

Fermat, 83, 161.
Fresnel, 243.

Galileo, 32, 136, 137, 160, 161, 162, 315.

Girard (Alberto), 88, 89.
Gravina (Gian Vincenzo), 206, 207.

Helmont (Van), 268.
Herschel (J. W.), 32, 38, 125, 126.
Huygens, 83, 241, 242, 243.
Hobbes, 205.

Jouffroy, 202.
Joule, 239.

Kant, 187, 188, 189, 259, 328, 331, 332.
Kepler, 122.

Lagrange, 70, 108, 110, 257.
Lamarck, 285.
Laplace, 238, 278, 279, 280.
Lavoisier, 237, 238, 251, 311.
Leibnitz, 8, 83, 85, 105, 106, 107, 108, 110, 111, 170, 175, 184, 269, 270, 272, 275, 314, 318, 320.
Lucrezio, 236, 285.

Matter, 87.
Matthiessen, 88.
Maxwell, 246.
Mill (Stuart), 147, 179, 181, 185.
Moivre, 83.
Montesquieu, 202, 204, 208.

Newton, 37, 51, 105, 106, 144, 145, 240, 241, 243, 247, 257.
Nicole, 115.
Nollet (abate), 241, 245, 246.

Pascal, 29, 30, 55, 82, 83, 105, 106, 107, 113, 114, 288, 296.
Pasteur, 122, 139, 144.
Pellat (Enrico), 245.
Pitagora, 31, 235, 250, 256, 267, 316, 320.
Platone, 236, 257, 259, 267, 275.
Poincaré, 330.

Reclus (Eliseo), 277, 284.
Roberval, 105, 161, 315.
Rochefoucauld (La), 181.
Rousseau (G. G.), 189, 190, 210.
Rumford, 238.

Saint-Beuve, 232.
Spencer (Erberto), 55, 56, 57, 58, 170, 289, 291, 292.
Spinoza, 325.
Sthendal, 173.

Taine, 6, 17, 20, 23, 26, 170.
Taylor, 109.
Thiers, 227.
Thierry (Agostino), 222, 224, 232, 336.
Thomson (Guglielmo), lord Kelvin, 238, 257.
Thurot, 28, 139.
Torricelli, 137.
Tyndall, 170.

Vieta, 88, 89, 103.
Verdet, 244.
Voltaire, 31.

Wundt, 176, 183.

Young, 162, 243, 262.

Zeller, 250.
Zenone (da Cizio), 40.
Zenone (da Elea), 101.

INDICE ANALITICO

CAPITOLO I.

LE SCIENZE.

Disordine primitivo delle sensazioni. — Come le sensazioni acquistino ordine. — Le scienze e la cognizione volgare. — Scopo della scienza. — Suoi mezzi: l'astrazione e la generalizzazione. — Importanza dei segni, e specialmente della favella. — La scienza e l'autorità. — Il progresso delle scienze 1

CAPITOLO II.

LA CLASSIFICAZIONE DELLE SCIENZE.

Storia della classificazione delle scienze: Aristotele, Bacone, Cartesio, l'*Enciclopedia*, Augusto Comte, Ampère, Herbert Spencer. — Vantaggi di una classificazione naturale delle cognizioni umane. — Utilità di una filosofia delle scienze 39

CAPITOLO III.

LE SCIENZE MATEMATICHE.

Loro posto nella classificazione delle scienze. — Definizione e divisione. — Matematiche pure: aritmologia, geometria. — Scienze fisico-matematiche: meccanica, astronomia; calcolo delle probabilità. — Degli algoritmi. — Dei principii della geometria analitica. — Dei principii del calcolo infinitesimale. — Assiomi, definizioni e dimostrazioni; regola di Pascal. — Analisi e sintesi matematica 66

Capitolo IV.

LE SCIENZE FISICHE E NATURALI.

Teoria generale del metodo sperimentale. — Osservazione e classificazione. — Dell'ipotesi. — Dell'esperimento. — Esempii di esperimenti: esperimento di Torricelli; esperimento del Pasteur sopra i cristalli dissimmetrici; verificazione della legge di Newton. — La « Caccia di Pane ». — Considerazioni sperimentali speciali agli esseri viventi. — Rapporti del metodo matematico con lo sperimentale 121

Capitolo V.

LE SCIENZE MORALI.

Definizioni. — Delle causalità nelle scienze morali. — Divisione di queste scienze. — Che può esistere una scienza della natura umana. — Delle scienze normative; posto che vi occupa l'Estetica. — Metodo delle scienze normative; il fatto e il diritto. — Del problema dell'umano destino. — Teoria delle leggi del Montesquieu. — Lo Stato è una personalità morale. — Della storia e delle scienze d'erudizione. — Regole della critica storica. — Dell'ipotesi nella storia. — Qualità necessarie ad uno storico. — Filosofia della storia 169

Capitolo VI.

LE IPOTESI GENERALI.

Loro valore. — L'unità delle forze fisiche; il suono, il calore, la luce, l'elettricità. — L'unità della materia; i corpi semplici e la loro trasformazione. — L'analogia; teoria delle società animali; riversibilità dei fenomeni. — Ipotesi speciali al sistema solare o al nostro pianeta: la nebulosa, il fuoco centrale; il trasformismo, l'evoluzione 283

Capitolo VII.

LE SCIENZE E LA RAGIONE.

La ragione. — I principii razionali. — Principio di identità. — Principio di sostanza: conservazione della massa. — Principio di causalità: conservazione dell'energia. — Il tempo e lo spazio. — Principii delle scienze morali: la ragion pratica. — Natura e limiti della spiegazione scientifica 294

Aggiunte e modificazioni 337

Indice alfabetico degli Autori citati in quest'opera . . 339